ÉTUDE

N° 452

SUR

LES DIFFÉRENTS PROCÉDÉS

employés dans la détermination

DE

L'ASTIGMATISME

SYNTHÈSE

Présentée à l'École supérieure de Pharmacie de Montpellier

Le 28 Janvier 1889

PAR

Émilien GRIMAL

Né à Blidah (Algérie), le 19 Novembre 1864

LICENCIÉ ÈS-SCIENCES PHYSIQUES
CHARGÉ DES FONCTIONS DE CHEF DES TRAVAUX A L'ÉCOLE D'ALGER
LAURÉAT DE L'ÉCOLE DE MONTPELLIER
EX-PRÉPARATEUR A L'ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE

Pour obtenir le grade de Pharmacien de 1re Classe

MONTPELLIER

IMPRIMERIE TYPOGRAPHIQUE GUSTAVE FIRMIN

IMPRIMEUR-ÉDITEUR

DE L'ASSOCIATION GÉNÉRALE DES ÉTUDIANTS

3, Place de la Mairie, 3

M DCCC LXXX IX

École Supérieure de Pharmacie de Montpellier

Professeurs

MM.

J.-E. DIACON (I. P. ✿), DIRECTEUR	*Chimie générale.*
F. JEANJEAN (I. P. ✿)	Chimie analytique et Toxicologie.
L. SOUBEIRAN ✻✻✻✻	*Pharmacie.*
A. IMBERT (A. ✿)	*Physique.*
N.	Histoire naturelle des médicaments Botanique.

Cours complémentaires et auxiliaires

MM.

GAY, chargé du cours	Histoire naturelle des médicaments.
MASSOL, chargé du cours	*Minéralogie et Hydrologie.*
COURCHET, chargé du cours. . .	*Matière médicale.*
MASSOL, Agrégé	*Chimie minérale.*
COURCHET, Agrégé.	*Organographie.*
GAY, Agrégé	*Pharmacie chimique.*

Agrégés

MM. G. MASSOL (A. ✿).
L. COURCHET (A. ✿).
F. GAY.

Secrétaire H. GOT (I. P. ✿).
Secrétaire honoraire : F.-J. BLAISE (I. P. ✿).

NOTA. — L'École de Pharmacie n'accepte la responsabilité d'aucune des opinions émises par les Candidats, dans les Thèses ou Synthèses qui lui sont présentées.

A MON PÈRE

A MA MÈRE

A MES FRÈRES

E. GRIMAL.

A TOUS MES PARENTS

A MES AMIS

E. GRIMAL.

A MONSIEUR LE DOCTEUR IMBERT

PROFESSEUR DE PHYSIQUE

A MONSIEUR JEANJEAN

PROFESSEUR DE CHIMIE ANALYTIQUE ET DE TOXICOLOGIE

A MONSIEUR LE DOCTEUR MALOSSE

PROFESSEUR DE CHIMIE A L'ÉCOLE DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE D'ALGER

A mes Maîtres de l'École supérieure de Pharmacie

ET DE LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MONTPELLIER

E. GRIMAL.

A MES MAITRES

DE L'ÉCOLE D'ALGER

A MES EXCELLENTS AMIS ET COLLÈGUES

HENRI IMBERT ET MASSAL

PHARMACIEN DE PREMIÈRE CLASSE — DOCTEUR EN MÉDECINE

A MES MEILLEURS AMIS

GAUJON, DOASSANS, RASPAIL

E. GRIMAL.

AVANT-PROPOS

L'intérêt tout spécial que nous avons constamment attaché à l'étude de la physique nous a décidé à chercher le sujet de notre travail dans le vaste champ de la physique oculaire. Dès le début, nous avions entrepris une série d'expériences sur les contractions astigmatiques et sur un nouveau procédé pour la mesure de l'astigmatisme; mais, pressé par des circonstances indépendantes de notre volonté, nous avons dû remettre à une autre publication le résultat de nos recherches.

Ces premiers essais nous ayant fourni l'occasion d'approfondir la question qui va nous occuper, nous avons voulu faire une étude des différents procédés employés dans la détermination de l'astigmatisme, en nous permettant de dire quelques mots de leur valeur respective. Nous croyons avoir atteint le but que nous nous sommes proposé, et nous soumettons notre modeste travail à la bienveillante appréciation de nos Juges.

Nous avons divisé notre sujet de la manière suivante :

Après l'historique de la question, nous donnons dans un premier chapitre quelques considérations générales sur l'astigmatisme.

Nous exposons dans le deuxième chapitre les différents procédés ophtalmoscopiques employés dans la détermination de l'astigmatisme.

La détermination de l'astigmatisme par les divers appareils fait l'objet du troisième chapitre.

Le quatrième chapitre est consacré à la description des principaux ophtalmomètres.

Enfin, notre étude se termine par une bibliographie complète des travaux sur l'astigmatisme depuis 1883 (1) jusqu'à nos jours.

Nous avons eu, d'ailleurs, toutes les facilités pour acquérir des connaissances sur la question qui nous occupe. Ayant puisé d'excellentes notions dans les savantes leçons de M. le professeur Imbert, nous avons pu les développer sous son habile direction ; c'est par ses conseils pleins de lumière que nous avons pu nous familiariser avec les difficultés de notre sujet.

Qu'il reçoive donc ici le témoignage de nos remerciements pour l'appui qu'il a bien voulu nous prêter et non-seulement pour l'extrême bienveillance avec laquelle il a daigné nous diriger dans la production de ce travail, mais encore pour les notes manuscrites qu'il a bien voulu nous communiquer sur le sujet qui nous occupe.

---

(1) Nous n'avons pas cru devoir reproduire la bibliographie de l'astigmatisme depuis 1800 jusqu'en 1883, exposée dans la thèse d'agrégation de M. Imbert : *De l'astigmatisme*. Paris, 1883.

Qu'il nous soit permis, à cette occasion, d'adresser l'expression de notre gratitude à M. le professeur Jeanjean et à tous nos Maîtres pour le vif intérêt qu'ils nous ont toujours témoigné durant le cours de nos études.

Nous adressons de chaleureux remerciements à notre ami et collègue M. Henri Imbert, préparateur de physique, pour son concours dévoué, qui nous a été des plus utiles.

Merci également à notre camarade A. Cauquil et à tous nos camarades pour l'aide gracieuse qu'ils nous ont apportée dans nos expériences.

ÉTUDE

SUR

LES DIFFÉRENTS PROCÉDÉS

employés dans la détermination

DE

L'ASTIGMATISME

CHAPITRE PREMIER

HISTORIQUE ET CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

Le sujet dont nous devons nous occuper est une question tout à fait contemporaine. Si l'on parcourt, en effet, les anciens ouvrages consacrés à l'étude des affections oculaires, on remarque que l'examen physique de l'œil consistait à en observer les lésions à l'œil nu, et on ne trouve signalé nulle part dans les anciens traités d'ophtalmologie, cette singulière anomalie de la vision désignée sous le nom d'*astigmatisme*. Ce n'est qu'à une époque assez voisine de la nôtre que quelques auteurs comprennent la nécessité d'employer des instruments d'optique, afin de rendre plus visibles et plus appréciables les lésions superficielles et les anomalies qu'ils veulent observer.

C'est, en effet, en 1801, que le physicien Thomas Young (1) fit paraître le premier mémoire sur l'astigmatisme et appela l'attention du monde savant sur cette curieuse anomalie de la vision. Mais Young ne fit qu'effleurer la question en signalant l'existence de ce défaut visuel.

Gerson (2), ayant observé quelques cas d'astigmatisme, écrit en 1810 une thèse latine dans laquelle il établit que la déformation de la cornée est la cause de l'astigmatisme oculaire.

En 1827, l'astronome Airy (3) reprend la question et corrige son astigmatisme myopique composé par un verre sphérique concave combiné avec un verre cylindrique également concave.

Douze ans après, en 1839, Kohlrausch (4) fait faire un grand pas à l'étude de l'astigmatisme en appliquant à la détermination de la forme de la cornée la mensuration des images formées sur cette membrane.

En 1845, Sturm (5) fait à l'Académie des sciences de Paris une communication dans laquelle il établit la théorie mathématique de l'astigmatisme.

Senff (6) reprend, en 1846, l'étude de la forme de la cornée

---

(1) Young. — On the mechanism of the Eye. In : Philosophica Transactions for, 1801, p. 23.

(2) Gerson. — De formâ corneæ oculi humani deque singulari visûs phenomeno. Gottingœ, 1810, cité dans : Klinische Monatsblœtter für augeinheilkunde, 1866, IV, 57.

(3) Airy. — Transaction of the Cambridge philosophical Society, 1827, t. II, p. 267.

(4) Kohlrausch. — Ueber die Messung des radius der Vorderftäche der Hornhaut, in Oken's Isis, 1840, p. 1860.

(5) Sturm. — Comptes rendus Acad. des sc. Paris, t. XX, p. 554, 761, 1238.

(6) Senff. — Article Sehen, in : Wagner's Hand Worterbuch der Physiologie, III, 271.

en s'aidant des travaux de Kohlrausch ; puis Stokes (1), en 1849, imagine sa lentille pour la détermination de l'astigmatisme.

Cependant, malgré ces travaux et les recherches du colonel Goulier, qui, alors qu'il était capitaine à l'école d'application de Metz, a eu le mérite de signaler le premier la fréquence de l'astigmatisme (2), la question avait fait peu de progrès jusqu'à ces derniers temps.

L'invention de l'ophtalmomètre par Helmholtz (3), en 1854, marque une date importante dans l'histoire des progrès de l'étude de l'astigmatisme en rendant possible, en effet, des mensurations très exactes des images catoptriques cornéennes.

L'ophtalmomètre a permis de trouver la cause la plus générale de l'astigmatisme et d'effectuer la mesure objective des divers éléments qui caractérisent cette anomalie de la vision.

Les auteurs les plus remarquables se sont partagé l'honneur de concourir à l'étude complète de l'astigmatisme, en apportant leur précieuse coopération : les uns, à en rechercher les causes, les autres à en faire connaître les moyens de détermination, tous à corriger les imperfections que ce défaut entraîne dans l'acte de la vision.

Et parmi ces ouvrages, à juste titre si recommandables, qu'il nous soit permis de citer ici les travaux de Knapp, Schweigger, Donders et Javal, travaux dont nous aurons à parler dans le cours de cette étude.

---

(1) Stokes. — (Voir plus loin p. 40.)

(2) Goulier. — Comptes rendus de l'Acad. des sciences, 7 août 1865, t. LXI, p. 266.

(3) Helmholtz. — Archiv. f. Ophtalm., II, p. 3. 1854.

On désigne sous le nom d'*astigmatisme* (1), suivant l'expression créée par le Dr Whewell, en 1817, cette anomalie de réfraction de l'œil dans laquelle l'homocentricité d'un faisceau lumineux incident est détruite après la réfraction à travers le système dioptrique oculaire, ou, comme le dit Javal, dans laquelle, « les rayons émanant d'un point lumineux unique ne vont pas, après leur réfraction dans l'œil, former foyer, également en un point unique ». L'astigmatisme peut être dû soit à une obliquité marquée des surfaces réfringentes de l'œil par rapport aux rayons qui y pénètrent, soit plus souvent à un défaut de sphéricité ou plus généralement à une asymétrie de la cornée.

L'œil astigmate ne voit jamais un point lumineux comme un point, mais comme une ligne lumineuse ou comme une tache lumineuse elliptique ou circulaire, faits dont Sturm a donné l'explication rigoureuse dans son mémoire sur la vision. La force de réfraction n'est donc pas égale dans tous les méridiens de l'œil ; les deux méridiens qui présentent la plus grande différence de réfraction s'appellent *méridiens principaux ;* ils sont sensiblement perpendiculaires l'un à l'autre et se confondent assez souvent avec le vertical et l'horizontal. Le rayon de courbure du méridien vertical de l'œil est généralement plus petit que celui du méridien horizontal ; auquel cas l'astigmatisme est dit conforme à la règle ; lorsque le contraire a lieu, on dit que l'astigmatisme est contraire à la règle.

On dit que l'astigmatisme est *régulier* quand la réfraction varie, d'un méridien à l'autre, suivant une loi telle qu'on puisse assimiler l'œil à un ellipsoïde à trois axes inégaux.

On dit que l'astigmatisme est *irrégulier* quand la courbure

---

(1) De ἀ privatif, et de στίγμα, point, foyer.

ne varie pas d'un méridien à l'autre d'une façon progressive, et que la courbure d'un même méridien varie elle-même irrégulièrement. Cette distinction est importante au point de vue pratique, car l'astigmatisme irrégulier n'est pas susceptible d'être corrigé par les verres cylindriques. A l'état normal, tous les yeux sont plus ou moins astigmates ; mais ordinairement l'affection passe inaperçue, et c'est seulement alors qu'elle atteint un certain degré qu'elle mérite vraiment d'être prise en considération.

Un phénomène curieux et qui accompagne assez souvent les degrés élevés d'astigmatisme a été signalé pour la première fois par Donders ; c'est une asymétrie remarquable des os du crâne et de la face, laquelle entraînerait une asymétrie de l'orbite et du globe oculaire auquel l'orbite servirait en quelque sorte de moule (*fig.* 3). Toutefois, d'une part, cette asymétrie n'existe pas chez tous les astigmates, comme le montre la *fig.* 1 ; et d'autre part le crâne de personnes dont les yeux ne présentent que des degrés tout à fait négligeables d'astigmatisme peut présenter une asymétrie marquée (1). (*Fig.* 2 et 4.)

Le siège de l'astigmatisme n'est pas toujours le même. On sait que Young, dans son mémoire de 1801, démontra, d'une manière aussi simple qu'élégante, que l'astigmatisme de son œil était causé par le cristallin. En effet, en plongeant son œil dans une petite cuvette pleine d'eau tiède et dont le fond était formé par une lentille convexe à court foyer, il constata que la réfraction asymétrique de cet œil restait absolument inaltérée. L'indice de réfraction de la cornée étant sensiblement égal à celui de l'eau, on voit que, dans l'expérience de Young, la cornée était remplacée par une lentille sphérique de

---

(1) A. Imbert. — L'asymétrie du crâne et l'astigmatisme (Gaz. hebd. des sc. méd. de Montpellier, juillet 1888.)

verre, et, puisque l'astigmatisme restait intact, il fallait bien placer dans le cristallin le siège de cette irrégularité. Gerson, d'autre part, attribua l'astigmatisme à la cornée.

L'ophtalmomètre de Helmholtz vint ensuite permettre des recherches bien plus précises : ce physicien mesura à un centième de millimètre près les images réfléchies à la surface de la cornée et en déduisit les rayons de courbure des différents méridiens de cette membrane. Plus tard, Donders et Knapp renouvelèrent ces mensurations et découvrirent non seulement qu'un léger degré d'astigmatisme est l'état normal et ne gêne en rien la netteté de la vision, mais de plus que les différences maxima et minima se trouvent dans des méridiens sensiblement perpendiculaires entre eux et dont les directions sont, en général, verticale et horizontale.

Ainsi donc, suivant son siège, on peut distinguer deux variétés d'astigmatisme : l'un siégeant sur le *cristallin*, l'autre sur la *cornée*.

Il est à peine besoin de faire remarquer que cette anomalie de la vision peut atteindre un seul œil ou les deux yeux, être *mono* ou *binoculaire*. Nous avons déjà dit, en outre, que l'astigmatisme peut être *régulier* ou *irrégulier*. D'autre part, si les méridiens principaux de l'œil, c'est-à-dire ceux qui présentent le maximum ou le minimum de courbure, sont ordinairement le vertical et l'horizontal, ils peuvent cependant avoir d'autres directions, d'où une nouvelle division en astigmatisme *vertical*, *horizontal*, *incliné*.

Mais ce ne sont pas là les seules distinctions qu'il y ait à faire, ni surtout les plus utiles pour la pratique. L'un des méridiens principaux, en effet, peut être emmétrope et l'autre amétrope ; chacun des méridiens peut au contraire présenter des degrés différents d'une même anomalie ou l'anomalie de l'un être de signe contraire à l'anomalie de l'autre.

Donders a donné la classification de ces diverses formes d'astigmatisme :

L'*astigmatisme* est dit *simple*, lorsqu'un méridien principal seul est amétrope, l'autre restant emmétrope ; l'excès ou le défaut de réfraction du méridien amétrope est indiqué par les qualifications de *myopique* ou d'*hypermétropique*.

On a ainsi l'*astigmatisme simple myopique* (*Am*) et l'*astigmatisme simple hypermétropique* (*Ah*). Chacun de ceux-ci peut être à son tour vertical, horizontal ou incliné, suivant le méridien qui présente le maximum de courbure.

L'*astigmatisme* est dit *composé*, lorsque les deux méridiens sont amétropes dans le même sens, en conservant toujours les désignations de myopique ou d'hypermétropique pour le degré de réfraction, *astigmatisme composé myopique* (*Amm*) ou *astigmatisme composé hypermétropique* (*Ahh*) et celles de vertical, d'horizontal ou d'incliné pour l'orientation des méridiens.

Enfin, l'*astigmatisme est dit mixte*, lorsque l'œil est myope dans un méridien et hypermétrope dans l'autre, et, suivant que prédomine l'excès ou le défaut de réfraction, quelques auteurs ont employé les expressions d'*astigmatisme myopo-hypermétropique* (*Amh*) ou d'*astigmatisme hypermétropo-myopique* (*Ahm*). Les méridiens principaux peuvent encore dans ce cas être verticaux, horizontaux ou inclinés.

Voici, sous forme de tableau, la classification de l'Astigmatisme avec ses différences de siège, de forme et de direction

L'ASTIGMATISME peut être cornéen ou cristallinien, monoculaire ou binoculaire	RÉGULIER — Un même méridien présentant partout la même courbure du moins dans le voisinage du sommet de la cornée.	*Simple* — Un méridien restant emmétrope	Myopique	Vertical. Horizontal. Incliné.
			Hypermétropique	Vertical. Horizontal. Incliné.
		Composé — Les 2 méridiens étant amétropes dans le même sens	Myopique	Vertical. Horizontal. Incliné.
			Hypermétropique	Vertical. Horizontal. Incliné.
		Mixte — Un méridien étant hypermétrope, l'autre myope	Myopo-hypermétropique	Vertical. Horizontal. Incliné.
			Hypermétropo-myopique	Vertical. Horizontal. Incliné.
	IRRÉGULIER — Les diverses parties d'un même méridien ayant des courbures différentes.			

Ajoutons que l'on prend pour mesure de l'astigmatisme régulier, qu'il soit simple, composé ou mixte, la différence

$$\frac{1}{r} - \frac{1}{r'} = As$$

r et r' étant les distances à l'œil des *punctum remotum* des méridiens principaux, et r représentant la plus petite de ces deux distances r et r' exprimées en mètres. L'astigmatisme est ainsi exprimé en dioptries, comme toutes les autres anomalies de réfraction.

Si l'un des méridiens principaux est emmétrope, l'une des distances des *punctum remotum* r' par exemple est infinie ; alors $\frac{1}{r'}$ est égal à 0, et l'astigmatisme est mesuré par $\frac{1}{r} = As$; il est égal au degré d'amétropie du seul méridien amétropique.

Lorsque l'un des méridiens principaux est myope, tandis que l'autre est hypermétrope, ce n'est plus la différence $\frac{1}{r} - \frac{1}{r'}$ qui mesure le degré de l'astigmatisme, mais bien la somme $\frac{1}{r} + \frac{1}{r'}$; la quantité r', en effet, représentant alors une longueur comptée en arrière de l'œil, tandis que la quantité r est comptée en avant ; r et r' doivent alors être affectées de signes contraires, ce qui transforme en somme la différence prise plus haut comme mesure de l'astigmatisme.

Pour obtenir une correction de l'astigmatisme, il faudrait pouvoir faire coïncider en un même point les *punctum remotum* des deux méridiens principaux ; les deux foyers principaux de ces méridiens coïncideraient eux-mêmes ; par suite, le faisceau

réfracté serait rendu homocentrique. Or, la coïncidence des deux *punctum remotum* serait obtenue si l'on pouvait avoir des verres ne produisant aucun effet réfringent dans le plan de l'un des méridiens principaux et agissant au contraire dans le plan du méridien perpendiculaire pour produire l'effet voulu. C'est précisément ce que l'on obtient avec le secours de lentilles dont une face est plane, tandis que l'autre est cylindrique. Ces verres peuvent être regardés comme obtenus en menant dans un cylindre droit à base circulaire un plan sécant parallèle à l'axe et détachant ainsi une petite portion de ce solide.

Les verres cylindriques sont ceux dont on s'est servi dans les premiers essais de correction de l'astigmatisme; et ces verres sont les seuls dont on fasse usage aujourd'hui.

Mais, comme le fait remarquer le professeur Imbert, dans sa thèse d'agrégation, ce mode de correction n'a jamais été justifié d'une manière absolument rigoureuse. Or, il n'est pas évident que si l'on satisfait à la coïncidence des *punctum remotum* des méridiens principaux, au moyen d'un verre cylindrique, l'œil soit redevenu normal et l'homocentricité des rayons soit conservée pour toute distance de vision.

Aussi, voulant se rendre compte de ce fait, M. Imbert en a cherché une démonstration mathématique et est arrivé aux conclusions suivantes : « On ne peut pas, en général, corriger l'astigmatisme pour toutes les distances, au moyen d'un verre cylindrique, et lorsqu'on a placé devant un œil astigmate la lentille correctrice, l'homocentricité subsistera bien, après réfraction, pour les rayons venant du *punctum remotum* commun des deux méridiens principaux ; mais l'astigmatisme subsistera pour tous les autres points. » Ainsi donc, les verres cylindriques ne corrigent l'astigmatisme que pour une distance unique.

M. le professeur Monoyer a aussi démontré d'une manière fort simple que l'on ne pouvait pas corriger exactement un

astigmatisme donné avec le même verre pour toutes les distances, et que cette impossibilité tenait uniquement à la distance qui sépare le verre de l'œil.

Les causes de l'astigmatisme et son mode de production sont loin d'être complètement connus.

On a remarqué, cependant, qu'il est ordinairement congénital et que l'hérédité joue un grand rôle dans sa production ; non seulement, il y aurait des familles d'astigmates, mais l'astigmatisme affecterait de préférence certaine direction chez certaines races ; chez les Israélites, par exemple, l'astigmatisme serait en général contraire à la règle.

L'astigmatisme se rencontre à peu près autant chez les myopes que chez les hypermétropes (1).

Dans cette étude, nous nous occuperons exclusivement de l'astigmatisme régulier, c'est-à-dire de celui qui peut se corriger au moyen d'un verre cylindrique

---

(1) Javal. Association française pour l'avancement des sciences (Congrès de Montpellier, 1879).

CHAPITRE II

DES DIVERS PROCÉDÉS OPHTALMOSCOPIQUES POUR LA DÉTERMINATION DE L'ASTIGMATISME

En outre des services qu'il rend pour l'examen des milieux et des membranes profondes de l'œil, l'ophtalmoscope peut encore être utilisé pour la détermination des anomalies de la vision ; il permet en particulier de reconnaître la présence de l'astigmatisme et d'être fixé sur l'état de réfraction des méridiens principaux ; cet examen, complété par les instruments de mesure, nous fait connaître les verres correcteurs.

Nous allons passer à l'étude des différents procédés fournis par l'ophtalmoscope et nous nous permettrons de dire quelques mots de leur valeur respective. Ces procédés utilisent, les uns l'image droite, les autres l'image renversée ; ils présentent cet avantage de ne pas avoir besoin des réponses du malade ; ce sont des méthodes objectives.

Procédé du docteur Knapp (1), ou *examen à l'image droite*

En 1861, le docteur Knapp, s'appuyant sur des faits que l'expérimentation démontre d'une façon péremptoire, enseignait que dans l'astigmatisme, il devait y avoir altération dans la

(1) Docteur Knapp. — Ueber die Asymmetrie des Auges in seinem verschiedenem Meridianebenen. (Archiv. f. ophthalm. VIII, 2e p. 185-241.)

forme de l'image ophtalmoscopique d'une papille circulaire. A l'image droite, le diamètre devait être plus grand dans le sens de la plus faible courbure, moins grand dans le sens de la plus forte. Mais le procédé qui résulte de cette observation ne devait pas donner tous les avantages qu'il était permis d'espérer. Car, s'il est certain que, dans l'astigmatisme, il y a une modification constante dans la forme de la papille, il est certain, d'autre part, qu'il peut se faire que, dans un œil parfaitement adapté, la papille soit anatomiquement ovale. C'était une cause d'erreur suffisante pour mettre ce procédé en contestation ; c'est d'ailleurs l'objection qu'on lui a faite et contre laquelle la méthode de Knapp est venue se heurter.

Procédé de Schweigger (1). — *Examen à l'image droite et à l'image renversée*

En 1863, Schweigger, faisant remarquer l'incertitude qui pourrait résulter de l'emploi de la méthode de Knapp, cherchait à en atténuer les inconvénients en se plaçant surtout dans le cas où la papille serait anatomiquement ovale. Il démontrait que, si la papille s'allonge dans un sens par l'examen à l'image droite, elle s'allonge dans un sens directement opposé par l'examen à l'image renversée.

Ce procédé semblait réaliser la disparition des lacunes que produit le procédé de Knapp et paraissait rendre les notions fournies par ce procédé plus précises et plus justes. Mais l'appréciation des variations de grandeur de l'image de la papille suivant qu'on l'examine à l'image droite ou à l'image

---

(1) Schweigger. — Ueber die diagnose und correction des Astigmatismus. (Arch. f. ophthal. IX, 1e, p. 178).

renversée, est chose difficile et la méthode n'est pas entrée dans la pratique.

Méthode de Donders (1). Examen des vaisseaux horizontaux et verticaux de la papille

Le procédé de Donders est basé sur ce fait qu'un observateur non astigmate peut voir chez un individu non astigmate les vaisseaux horizontaux et verticaux de la papille avec la même netteté.

Mais si l'œil observé est astigmate, la situation change et on ne peut arriver à voir simultanément les divers vaisseaux avec la même netteté. En effet, pour voir distinctement, les uns après les autres, les vaisseaux qui entourent le nerf optique, l'observateur doit modifier l'accommodation de son propre œil. Dans l'astigmatisme dit conforme à la règle, l'emmétrope ne voit ordinairement d'une manière nette les vaisseaux horizontaux que quand il relâche son accommodation, et pour voir distinctement les verticaux il lui faut faire un effort d'accommodation. On ne peut voir, en effet, les vaisseaux verticaux que si les rayons passant par le méridien horizontal viennent se réunir sur la rétine. Que le méridien horizontal soit hypermétrope dans l'œil observé, les rayons passant par ce méridien divergeront en dehors de l'œil ; de sorte que l'observateur sera astreint à un effort d'accommodation s'il veut en réunir le foyer sur la rétine. Si, au contraire, le méridien horizontal est emmé-

---

(1) Donders. Astigmatismus und cylindrische Glœser. Berlin. — L'astigmatisme et les verres cylindriques, traduit du hollandais par Dor. Paris, 1863.

trope, les rayons passant par ce méridien seront parallèles, et il faudra que l'accommodation reste en repos.

L'ophtalmoscope à réfraction permettra d'ailleurs de déterminer le degré d'amétropie de chacun des méridiens principaux et de déduire la valeur de l'astigmatisme.

Ce procédé est celui auquel certains oculistes donnent la préférence; mais il exige une grande habitude de l'examen ophtalmoscopique ; il faut, de plus, que l'observateur soit maître de son accommodation et non astigmate, ou que du moins il ait préalablement corrigé son propre astigmatisme.

Méthode de M. Javal. — Examen direct à l'image renversée

M. Javal recommande l'examen à l'image renversée en faisant remarquer que, si l'on fait varier la distance de la lentille à l'œil observé, il existe une certaine position du verre à partir de laquelle la variation de grandeur d'un axe quelconque de l'image de la papille se produit en sens inverse, suivant qu'on approche ou qu'on éloigne cette lentille. Ce procédé exige une papille assez large ; il faudra donc presque toujours atropiniser le malade.

M. Giraud-Teulon (1) a donné la démonstration des faits sur lesquels M. Javal a proposé d'établir le diagnostic de l'astig-

(1) Giraud-Teulon. — De l'influence des lentilles positives et négatives et de celle de leur distance à l'œil sur les dimensions des images ophtalmoscopiques de la papille ou disque optique dans les anomalies de la réfraction oculaire et particulièrement dans l'astigmatisme. (Annales d'oculistique, t. LXII, 1869. Mémoire présenté à l'Académie des Sciences.)

matisme en prouvant que « dans l'œil emmétrope, pour toute distance de la lentille, l'image du disque optique reste identique à elle-même et de même grandeur.

» Dans un œil simplement amétrope, par excès ou par déficit, l'image grandit ou diminue avec la distance de la lentille, mais demeure toujours, dans sa forme, géométriquement semblable à elle-même ; circulaire si le disque optique est circulaire, ovale s'il est ovale.

» Dans un œil astigmate, l'éloignement de la lentille fait varier non-seulement les dimensions, mais *la forme même de l'image du disque optique*. Ovale, à grand axe dirigé dans un certain sens, lorsqu'une faible distance sépare la lentille de l'œil, l'image devient exactement circulaire quand cette distance égale la longueur focale de la lentille ; à une distance plus grande, la direction du grand axe de l'ovale change et est désormais perpendiculaire à sa précédente position. »

D'après ces résultats, il était donc facile, et ceci vient à l'appui du procédé de M. Javal, de reconnaître non seulement l'astigmatisme, mais aussi de déterminer dans quel méridien siégeait l'amétropie.

Plus récemment encore, M. le professeur Imbert (1) a donné de ces phénomènes l'explication très simple suivante : « Soit f la distance focale de la lentille employée, l'œil étant supposé astigmate et sa papille circulaire ; les images aériennes des deux diamètres de la papille situées dans les plans de courbure maxima et minima, se formeront en des points différents A et B, dont nous représenterons par q *et* q_1 les distances au foyer

(1) Imbert. — De l'astigmatisme. (Thèse d'agrégation, Paris 1888, p. 76.)

antérieur F de la lentille ; soient encore y' et y'_1, les images réelles que la lentille substitue aux images y et y_1 données directement par l'œil, on aura :

$$\frac{y'}{y} = -\frac{f}{q} \quad \text{et} \quad \frac{y'_1}{y_1} = -\frac{f}{q_1}$$

d'où

$$\frac{y'}{y'_1} = \frac{y}{y_1} \cdot \frac{q_1}{q}$$

pour que $y' = y'_1$ et que l'image de la papille soit circulaire, il faut que

$$\frac{y}{y_1} = \frac{q}{q_1}$$

» La position à donner à la lentille est donc telle que son foyer F divise la droite AB dans le rapport des images y et y_1.

» Suivant qu'on déplacera la lentille dans un sens ou dans l'autre par rapport à la position qui correspond à l'égalité précédente, le rapport $\frac{q}{q_1}$ deviendra plus petit ou plus grand que $\frac{y}{y_1}$ et l'allongement de l'image réelle de la papille se fera dans un sens ou dans l'autre, conformément aux faits observés par Javal.

» Si l'on pratique l'examen avec une lentille négative, le raisonnement précédent est encore applicable et conduit à la même conclusion. Or, on sait qu'il existe deux points qui divisent une même longueur AB dans un rapport donné ; en outre, le foyer antérieur de la lentille positive et les images y et y_1 se trouvent de part et d'autre de ce verre, tandis que les trois points F, A, B sont d'un même côté de la lentille, si celle-ci

est négative ; on en conclut que le point qui divise la droite AB en segments soustractifs correspond à la lentille positive, celui qui la partage en segments additifs à la lentille négative.

» Pour distinguer ces deux cas dans les formules, il suffira de donner des signes aux segments en lesquels la droite AB est partagée, ce qui conduira à regarder le rapport $\frac{y'}{y'_1}$ comme positif ou négatif, suivant qu'il se rapporte à l'emploi de la lentille positive ou négative. Par suite, les déplacements à donner à l'un ou l'autre de ces verres, pour que le rapport en question soit plus petit ou plus grand que l'unité, seront de sens contraire ; on déduit facilement de là l'explication des phénomènes observés par Schweigger. »

Procédé de M. Cooper (1)

Nous ne signalerons que pour mémoire la communication que fit M. Cooper au Congrès de Londres, en 1872 ; son procédé n'est que la reproduction du procédé de M. Javal.

Procédé de M. Bravais (1). *Application du déplacement parallactique au diagnostic de l'astigmatisme*

Ce procédé a été décrit par M. le Dr Justin Weil dans sa thèse inaugurale (août 1875).

---

(1) Cooper. — Sur l'ophtalmoscope comme optomètre dans l'astigmatisme (Kl. Monatsbl. VII, p. 189, 1872).

(2) Weil. — Essai sur la détermination clinique de l'astigmatisme (thèse de Paris, 1875).

L'explication du déplacement parallactique n'est d'aucune difficulté ; on sait que dans les conditions normales où le fond de l'œil ne présente ni saillie, ni excavation et où le plan de la papille se confond avec le plan rétinien, l'image de la papille et du plan rétinien se trouvant au même foyer, si on imprime des mouvements de translation à une lentille située près de l'œil et permettant de voir le fond de l'œil, on observe une translation égale dans les différentes portions de l'image ; que si, au contraire, la papille est excavée ou saillante, l'image de cette saillie, ne se trouvant plus au même foyer, se déplace d'un mouvement spécial non uniforme avec le mouvement du plan rétinien.

C'est M. Abadie (1) qui le premier montra que l'état de réfraction de l'œil pouvait modifier ce déplacement parallactique et l'influencer, mais il n'appliqua pas ces données à la détermination de l'astigmatisme.

MM. Bravais et Weil ont employé ce procédé pour le diagnostic de l'astigmatisme en se basant sur les considérations suivantes :

Lorsqu'on examine à l'image renversée, si l'on imprime à la lentille des mouvements latéraux au moment où la papille est vue par le centre du verre, on remarque que l'image ophtalmoscopique se meut aussi. Ces mouvements varient d'amplitude selon l'état de réfraction de l'œil.

Dans un œil myope, ils sont moins étendus que ceux imprimés à la lentille ; dans un œil hypermétrope, ils le sont plus ; si l'œil examiné est emmétrope, la papille continue à être vue

---

(1) Abadie. — Des conditions qui influent sur l'amplitude du déplacement parallactique de l'image ophtalmoscopique (Journal d'ophtalm., 1872).

au centre du verre, les déplacements du verre et de l'image étant égaux.

S'agit-il de méridiens à réfractions inégales, si l'on fait mouvoir la lentille dans les divers sens, on trouvera à l'aide des différences du mouvement relatif de l'image et de la lentille, lequel des méridiens est emmétrope, hypermétrope ou myope.

Si les deux méridiens principaux ont la même amétropie à divers degrés, l'avance ou le retard de déplacement de l'image sur celui de la lentille sera plus prononcé dans l'un que dans l'autre. Des mouvements du verre très peu excursifs suffisent pour faire observer ces différences. La marche de l'image s'apprécie par le rapport de la papille aux bords du verre.

Ce mode de diagnostic, aussi rapide que facile, nous donne la direction des méridiens principaux et leur état de réfraction.

Procédé de M. Anderson (1)

M. Anderson, en 1880, a employé l'ophtalmoscope à la détermination objective du degré de l'astigmatisme, en mesurant d'une nouvelle manière le degré d'amétropie des méridiens principaux de l'œil.

L'appareil se compose d'une règle divisée, le long de laquelle peut glisser un support portant une figure rayonnée, éclairée en arrière par une lampe. A l'extrémité antérieure de la règle sont fixés une lentille et un miroir plan incliné à 45° sur l'axe de cette dernière.

L'observateur place son œil derrière une moitié non étamée du miroir plan, et, muni d'un ophtalmoscope, il déplace le des-

---

(1) Anderson. — New instrument for estimating astigmatisme. (Lan-cet, 1880, p. 455).

sin jusqu'à ce que l'image virtuelle fournie par la lentille et le miroir plan soit au *punctum remotum* de l'œil observé ; il aperçoit alors sur la rétine de ce dernier l'image des rayons divergents. Suivant que tous ces rayons seront vus nettement ou que l'un d'eux aura une image rétinienne plus nette que celle des autres, on en concluera l'absence d'astigmatisme ou la direction des méridiens principaux.

La graduation de la règle fait d'ailleurs connaître, à ce moment, la distance en dioptries de l'image virtuelle de la figure rayonnée et par suite du *punctum remotum*.

Procédé de M. Cuignet (1)

L'examen de la cornée et des ombres qui viennent traverser le champ pupillaire a été donné par M. Cuignet comme fournissant des signes propres à reconnaître l'astigmatisme.

Si avec un miroir plan on éclaire et on examine à un mètre de distance l'œil d'un sujet, on voit à travers le trou du miroir le champ pupillaire d'abord rouge, traversé par une ombre noire lorsqu'on fait tourner le miroir légèrement sur son axe. Cette ombrese déplace dans le sens de la rotation du miroir, si l'œil observé est hypermétrope ; emmétrope, c'est l'ombre directe. Elle se déplace en sens inverse dans le cas de la myopie ; c'est l'ombre inverse.

Il est donc facile d'interroger les divers méridiens de l'œil et de rechercher quelle est la marche de l'ombre dans le plan de chacun d'eux. Si dans l'un des méridiens principaux la marche est directe, tandis qu'elle est inverse dans l'autre, c'est

---

(1) Cuignet. Kératoscopie. (Rec. d'opht. 3me série, t. Ier, p. 73.)

le signe d'un astigmatisme simple ou mixte que l'interposition d'une lentille sphérique concave ou convexe permettra de mesurer en ramenant les ombres à la marche qu'elles doivent avoir.

La même recherche peut se faire avec un miroir concave ordinaire ; mais les ombres qu'il fournit ont une marche inverse de celle donnée par le miroir plan.

Théorie du phénomène de l'ombre pupillaire par M. Leroy. Son application à la détermination de l'astigmatisme (1)

En août 1887, M. le docteur Leroy a repris l'étude du phénomène signalé d'abord par Cuignet, puis étudié par Mangin et Parent, et a donné la théorie exacte du phénomène de l'ombre pupillaire.

Un point du fond de l'œil éclairé au moyen de l'ophtalmoscope se comporte comme un point lumineux réel en ce sens qu'il envoie des rayons dans toutes les directions. Mais la plus grande partie de ces rayons, interceptée par la coque oculaire et par l'iris, ne sort pas de l'œil ; l'autre partie traverse la pupille et forme un pinceau qui n'occupe qu'une partie très limitée de l'espace.

Pour que ces rayons puissent pénétrer dans l'œil d'un observateur, il faut que sa pupille se trouve sur le trajet du pinceau. Si elle admet tous les rayons du pinceau, la pupille du sujet paraîtra éclairée dans toute son étendue ; si au contraire elle n'admet qu'une partie de ces rayons, la pupille du sujet ne

---

(1) Leroy. — Le phénomène de l'ombre pupillaire. (Revue générale d'ophtalmologie, n° 7, juillet 1887 ; *idem*, n° 8, août 1887.)

paraîtra lumineuse que dans la zone traversée par ces rayons et le reste sera complétement obscur. C'est ainsi que se produit le phénomène de l'ombre pupillaire.

Dans l'exposé de sa théorie, M. Leroy examine ce qui se passe dans le plan pupillaire du sujet et montre que la partie obscure n'y représente que l'ombre de l'iris de l'observateur sur la pupille de l'œil observé.

Désignons par d la distance de la pupille de l'observateur à la cornée de l'observé et supposons que l'observateur fasse usage d'un miroir concave, alors la marche de l'image de la flamme de la lampe par le miroir est de même sens que celui de la rotation du miroir ; au contraire, le sens est inverse si le miroir est plan.

Soit d'abord un œil myope ou hypermétrope sans astigmatisme.

Si la marche de l'ombre est de même sens que la rotation du miroir concave, l'œil est myope d'une quantité supérieure à $\frac{1}{d}$.

Si la marche est de sens contraire, l'œil est hypermétrope ou bien myope d'une quantité inférieure à $\frac{1}{d}$.

Si le sens de la marche n'est pas saisissable, l'œil est myope de $\frac{1}{d}$.

On élimine l'influence de la distance d, en plaçant devant l'œil observé le verre convexe $+\frac{1}{d}$; alors si le sens de la marche est direct : myopie ; si inverse : hypermétropie ; si insaisissable : emmétropie.

Soit maintenant un œil astigmate.

La marche de l'ombre n'aura pas la même vitesse dans tous les méridiens ; son intensité n'y sera pas non plus la même.

Les méridiens principaux se reconnaîtront à ce caractère, que ce sont les seuls pour lesquels la marche de la limite de l'ombre se fasse exactement suivant une direction perpendiculaire à l'axe de rotation du miroir ou parallèle au déplacement de la flamme ; dans les autres méridiens, le déplacement sera oblique sur cette direction.

Les méridiens principaux sont aussi ceux pour lesquels, quand on fait tourner l'axe de rotation du miroir de 90°, la différence entre la marche et l'intensité de l'ombre est maxima.

L'orientation des méridiens principaux une fois reconnue, on opérera pour chacun d'eux comme dans le cas précédent.

On placera devant l'œil observé le verre convexe $+\frac{1}{d}$.

Le sens de la marche est :

Direct dans les deux méridiens : Astigmat. myop. composé.
Inverse dans les deux méridiens : Astigmat. hyperm. composé.
Direct dans un méridien, inverse dans l'autre :
Astigmatisme mixte.
Direct dans un méridien, insaisissable dans l'autre :
Astigmat. myopique simple.
Inverse dans un méridien et insaisissable dans l'autre : Astigmat. hyperm. simple.

Pour avoir la valeur de l'amétropie dans chaque méridien, on fera passer successivement devant chaque méridien la série des verres ; on en trouvera nécessairement deux de n et de n' dioptries, tels que le passage de l'un à l'autre change le sens de la marche ; le verre moyen $M = \frac{n + n'}{2}$ représentera avec une erreur moindre que $\frac{n - n'}{2}$ le verre qui amènerait le *remotum* dans le plan pupillaire.

L'amétropie cherchée sera donc :

$$Am = M - \frac{1}{d}$$

(*d* représentant la distance de l'œil de l'observateur à celui de l'observé)

et elle est connue avec une erreur moindre que $\frac{n - n'}{2}$.

Les verres *n* et *n'* ne diffèrent généralement que de 1/2 dioptrie ; l'erreur commise est donc au plus de 1/4 de dioptrie.

Suivant que le signe de *Am* sera positif ou négatif, il s'agira d'une hypermétropie ou d'une myopie.

On aura la valeur de l'astigmatisme en mesurant successivement de la même manière l'amétropie des méridiens principaux.

CHAPITRE III

DÉTERMINATION DE L'ASTIGMATISME AU MOYEN DE LA BOITE DE VERRES ET DES OPTOMÈTRES

Les méthodes que nous allons décrire sont subjectives, c'est-à-dire dépendent des réponses des malades et ne nous donnent que la valeur de l'astigmatisme total ; nous voulons parler de l'emploi des boîtes de verres et des optomètres.

I

1° La *fente sténopéique de Donders* (1) permet d'arriver à une détermination assez exacte de l'astigmatisme. Cette fente sténopéique est essentiellement constituée par un disque percé d'une ouverture linéaire, ouverture dont on peut à volonté faire varier la largeur, qui ne doit pas dépasser deux millimètres. Ce disque, placé devant l'œil, a la propriété de ne laisser pénétrer dans la cavité oculaire que les rayons suivant un seul méridien, celui qui est parallèle à la fente.

On commence par déterminer approximativement la direction des méridiens principaux, soit en faisant regarder un objet circulaire brillant, de petites dimensions, qui, pour l'œil

(1) Donders. — Annales d'oculistique (1863), p. 50, t. LIII.

astigmate, semblera avoir la forme d'une ellipse dont les axes déterminent la direction cherchée, soit en faisant tourner devant l'œil à examiner une lentille cylindrique et notant les deux positions pour lesquelles la vue présente le maximum et le minimum de netteté. Cela fait, on place devant l'œil la fente sténopéique suivant la direction de l'un des méridiens principaux, et on détermine au moyen de verres sphériques l'état de réfraction du méridien parallèle à cette fente ; puis on retourne la fente sténopéique dans une direction perpendiculaire et on essaie de nouveau des verres sphériques, de manière à déterminer la réfraction du second méridien principal.

La valeur de l'astigmatisme est égale à la différence de la réfraction des deux méridiens principaux.

Pour éviter les erreurs provenant de l'intervention de l'accommodation, il sera bon de paralyser préalablement le muscle ciliaire au moyen d'instillations d'atropine.

2° *Becker* a modifié le procédé de Donders en déterminant en même temps les directions des méridiens principaux et leur état de réfraction.

On place le sujet devant une figure étoilée à une distance suffisamment grande pour qu'on puisse la regarder comme infinie, et, on fait passer successivement devant chaque œil des verres positifs ou négatifs jusqu'à ce que la vision soit nette pour une seule des lignes du cadran ; la direction de cette dernière droite donne l'orientation de l'un des méridiens principaux.

En continuant à faire augmenter le numéro des verres, la vision, rendue confuse de nouveau, redeviendra nette pour une deuxième direction, généralement perpendiculaire à la première et qui fera connaître la direction du second méridien principal. Les pouvoirs dioptriques des deux verres, qui font chacun voir nettement une droite de la figure, donnent les

degrés d'amétropie de chacun des méridiens principaux et leur différence mesure l'astigmatisme.

Comme précédemment, des instillations d'atropine seront utiles pour supprimer la cause d'erreur provenant de l'accommodation.

3° *Lentilles de Stokes et ses modifications.* — Pour évaluer la réfraction dans les deux méridiens principaux, une lentille cylindrique d'une force variable doit être des plus utiles, attendu qu'on peut, grâce à elle, obtenir d'une manière successive et rapide une réfringence plus forte ou plus faible, sans avoir à changer constamment les verres à placer devant l'œil examiné. Telle est la lentille que Stokes a imaginée en 1849.

Elle se composait (1) de deux lentilles cylindriques: l'une plan-concave $-\frac{1}{10}$ et l'autre plan-convexe $+\frac{1}{10}$. Elles étaient enchâssées dans une monture circulaire et pouvaient tourner facilement l'une sur l'autre, de manière à donner à leurs axes toutes les inclinaisons voulues.

Une flèche, servant d'indicateur, permettait d'évaluer l'angle de rotation des deux cylindres et le degré de l'astigmatisme.

Quand les axes des deux lentilles sont dirigés dans le même sens, le système est sans action sensible sur la marche des rayons lumineux ; quand les axes sont perpendiculaires entre eux, on obtient, dans le plan perpendiculaire à l'axe de la lentille convexe, l'effet d'une lentille sphérique convexe $+\frac{1}{10}$, et dans le plan perpendiculaire à l'axe de la lentille concave,

---

(1) Stokes. — In : the Report of the British Association for the Advancement of Science for, 1849, in-8. Transactions of the Sections, p. 10.

on obtient l'effet d'une lentille sphérique concave $-\frac{1}{10}$.

La différence entre ces deux réfractions, différence qui constitue le degré de l'astigmatisme, est donc $+\frac{1}{5}$.

Cet instrument, ainsi disposé, permet donc de mesurer tous les degrés d'astigmatisme compris entre 0 et $+\frac{1}{5}$. Mais il a l'inconvénient de ne pouvoir servir en rien à la détermination du degré d'amétropie de chaque méridien principal.

Pour obtenir une lentille cylindrique à axe constant, *Javal* (1) proposa, en 1866, de substituer à la combinaison adoptée une lentille cylindrique positive fixe et deux lentilles cylindriques négatives se mouvant en sens contraire et d'une quantité égale. Mais ce n'est que douze ans plus tard, en 1878 (2), qu'il fit construire la lentille ainsi modifiée.

En 1873 (3), *Snellen* a résolu le problème en utilisant le principe employé par de Wecker dans la construction de son prisme de force variable. Si les deux cylindres de la lentille de Stokes se meuvent dans la même mesure et en sens contraire, l'axe du cylindre résultant sera toujours le même. Or, cela est réalisé par deux ressorts qu'on fait jouer en même temps et dont chacun fait mouvoir une lentille. Une graduation appliquée au manche de l'instrument indique la force du cylindre résul-

---

(1) Javal. — Annales d'Oculistique (sur le choix des verres cylindriques), t. LV, p. 5, janvier 1866.

(2) Javal. — Lentille de Stokes modifiée. (Annales d'Oculistique, p. 201, t. LXXX, 1878.)

(3) Snellen. — Lentille de Stokes à axe constant. (Albrecht von Graefe's Arch. für Opht., vol. XIX.)

tant dans une position donnée. Cette lentille de Stokes, modifiée par Snellen, est peu pratique, car elle ne constitue pas un cylindre simple ; les réfractions sont différentes suivant qu'on regarde dans un sens ou dans l'autre; par la rotation des deux cylindres l'un sur l'autre, on obtient non-seulement les effets d'un nouveau cylindre, mais aussi les effets d'une lentille sphérique à foyer variable. Pour corriger cet effet sphérique, Snellen conseille l'emploi de lentilles sphériques positives et négatives ; mais alors on est ramené au problème difficile consistant à construire une lentille sphérique de force variable.

Si ces conditions étaient remplies, l'instrument que Snellen a présenté à la Société ophtalmologique de Heidelberg (septembre 1873), rendrait superflu l'examen fastidieux avec toute la série des verres ; ce serait un optomètre pratique.

Un autre auteur, *Lidlow Purves* (1) a modifié l'instrument de Snellen en le munissant d'une fente sténopéique et a imaginé différents procédés pour déterminer l'astigmatisme.

Ces différentes modifications de la lentille de Stokes ne peuvent pas donner de déterminations précises ; elles ne permettent de mesurer qu'approximativement l'astigmatisme.

Quoi qu'il en soit, la priorité de l'invention, consistant à donner un axe immobile à la lentille de Stokes, appartient à Javal.

4° M. *Thompson* a présenté à la Société ophtalmologique américaine (juillet 1873) un instrument qui permet de diagnostiquer l'astigmatisme. C'est un disque de cuivre mince d'un pouce et demi de diamètre, portant à son centre dix petits trous

---

(1) Lidlow Purves. — Diagnostic de l'astigmatisme. (Arch. f. Ophth., 1873, t. XIX, 1, p. 89.)

d'un demi-millimètre de diamètre chacun, séparés les uns des autres par un espace égal, et disposés en forme de croix dont la tige verticale se compose de six ouvertures et les bras de cinq. Si l'on fait regarder à travers ces trous une lumière éloignée d'au moins seize pieds, l'accommodation étant paralysée, un œil amétrope, sans astigmatisme, verra plusieurs lumières en croix ; s'il est myope, en faisant passer une carte devant les trous du disque, de droite à gauche, il verra disparaître les lumières dans le même ordre ; s'il est hypermétrope, elles s'éclipseront de gauche à droite. Bien mieux, la croix de lumière peut être fusionnée en un seul point avec le secours de verres sphériques positifs ou négatifs, qui corrigeront en même temps l'amétropie.

S'il y a de l'astigmatisme, le verre sphérique ne pourra fusionner à la fois les bras et le montant de la croix en un point unique. Il faudra chercher un verre qui fusionne séparément les bras de la croix et un autre qui fusionne le montant. Alors, après avoir cherché le méridien astigmatique au moyen de la fente sténopéique de Donders, on ajoutera à l'un des verres précédents un verre cylindrique qui, pour être bien choisi, devra fusionner tout en un point unique.

5° Signalons encore l'*astigmatoscope de M. Fonseca* (de Lisbonne), qui se compose d'une lampe à huile dont le globe géométriquement sphérique est dépoli ; la flamme est exactement au centre du globe. Le sujet, à quatre ou six pas, regarde la flamme ; s'il y a de l'astigmatisme, le globe lui paraît plus ou moins elliptique. Les sens de la déformation indiquent les méridiens principaux. De cette façon, on ne reconnaît que l'astigmatisme de tout le système dioptrique de l'œil, cornée et cristallin. On peut employer après les verres cylindriques et la fente sténopéique pour déterminer l'espèce et le degré de l'anomalie de la réfraction.

II. — *Détermination optométrique de l'astigmatisme*

Ces différents procédés que nous venons de décrire sont aujourd'hui presque tous complètement laissés de côté, sauf peut-être celui de Donders, à cause de sa simplicité et des résultats relativement bons qu'il permet d'obtenir.

Outre ces méthodes, il existe toute une série d'instruments permettant de déterminer l'astigmatisme avec une précision beaucoup plus grande. Porterfield (1) les appelait optomètres (ὄπτομαί, voir, et μέτρον, mesure) : « Un instrument destiné à mesurer les limites de la vision distincte et à déterminer avec une grande exactitude la force et la faiblesse de la vue, doit être désigné sous le nom d'*optomètre.* »

Sur ce sujet encore, les recherches n'ont pas fait défaut ; aussi, vu les limites de notre travail, nous n'étudierons que les principaux optomètres en commençant par celui de Javal.

Optomètre binoculaire de Javal (2)

En 1865, Javal a proposé un procédé à la fois plus rapide et plus exact que ceux qui étaient généralement employés jusqu'alors.

---

(1) Porterfield. — On the Eye, tom. I[er], p. 423. Edinburgh, 1759.

(2) Javal. — Note sur le choix des verres cylindriques (Annales d'Oculistique, p. 50, t. LIII, 1865 ; *id.* t. LV, 1866).

On trace dans un cercle des rayons espacés de 15 en 15 degrés, et on fait regarder cette figure au sujet examiné au travers d'une lentille sphérique convexe; on éloigne peu à peu la figure jusqu'à ce que toutes les lignes pâlissent, sauf une. On essaie alors successivement, en commençant par le plus faible, tous les verres cylindriques concaves, en mettant les axes perpendiculaires au rayon qui était resté noir, et cela jusqu'au verre qui rend tous ces rayons également noirs.

On a ainsi d'un seul coup diagnostiqué l'astigmatisme et déterminé le numéro et la position du verre correcteur.

Lorsque le sujet examiné jouit de la vision binoculaire, il est plus avantageux d'employer le procédé suivant :

On ajoute devant l'autre œil une lentille et un cercle identiques aux précédents, les cercles étant d'abord aux foyers des lentilles et l'écartement des centres étant égal à celui des deux yeux; on ne peut fusionner les cercles qu'à la condition de tenir les axes optiques parallèles et la tête droite. La fixité de la position relative des axes optiques immobilise suffisamment l'accommodation.

L'optomètre binoculaire que Javal fit construire par M. Nachet réalise ces conditions. Il se compose essentiellement d'une boîte divisée longitudinalement en deux parties, au moyen d'un écran ; à la partie antérieure se trouve un châssis mobile percé de deux ouvertures servant d'oculaire, et munies toutes deux de lentilles biconvexes.

A l'intérieur de la boîte se trouve un carton sur lequel sont tracés deux cadrans avec des divisions de 15 en 15 degrés ; ce carton est mobile et peut être éloigné ou rapproché de l'oculaire, grâce à une crémaillère.

Un système spécial permet de faire passer devant l'œil toute la série des verres cylindriques sous l'orientation voulue.

On commence par éloigner le carton jusqu'à ce qu'il ne reste plus qu'un seul rayon visible ; on a alors le foyer du méridien qui est perpendiculaire à la ligne restée visible, et l'on sait que l'autre méridien principal est parallèle au rayon vu distinctement. Grâce à un cadran horaire qui est adapté à l'oculaire, on peut prendre la direction du méridien et donner en même temps à l'appareil une disposition telle, que le système de lentilles cylindriques placé devant l'oculaire aura toujours son axe parallèle au méridien à minimum de courbure et n'agira, par suite, que sur le méridien le plus réfringent.

On essaie les différentes combinaisons, et quand le sujet déclare voir tous les rayons distinctement, on a le verre correcteur de son astigmatisme.

Il est à remarquer que la vision binoculaire facilite la mesure de l'astigmatisme en fixant suffisamment l'accommodation et permet de mesurer exactement l'angle que doit former l'axe du cylindre correcteur avec la ligne des deux yeux.

La précision de cet optomètre est remarquable, la correction à peu près parfaite, vu qu'il ne peut donner qu'une approximation encore relative. En effet, les rayons du cadran étant séparés par des intervalles de 15 degrés, il existe toujours une erreur de 7°,5 pour la direction de l'astigmatisme ; on peut remédier à cet inconvénient de la manière suivante : si le sujet indique, quand on éloigne le cadran, que deux traits restent distincts, on est en droit d'en conclure que la direction cherchée est intermédiaire aux deux lignes.

D'ailleurs, Javal a reconnu que le concours du malade était d'une grande utilité pour corriger la direction de l'axe du verre, et il ajoute même que si la tige d'union des verres de ses lunettes est assez flexible, au bout de peu de jours il l'aura tordue de la quantité nécessaire, « et cela, avec une exactitude merveilleuse et le plus souvent sans avoir conscience de l'avoir fait. »

Optomètre de MM. Perrin et Mascart (1)

Cet optomètre, qui fit l'objet d'un rapport de M. Gavarret (2) à l'Académie de médecine, peut servir à déterminer et à mesurer l'astigmatisme. Il se compose d'un tube cylindrique en cuivre monté sur un pied et dont les deux extrémités sont pourvues, l'une d'une lentille convergente qui sert d'oculaire, et l'autre d'un porte-objet auquel est fixé un tambour gradué mobile autour du tube et permettant de donner une direction quelconque aux lignes parallèles qui servent à déterminer l'astigmatisme. A l'intérieur du tube se trouve une lentille mobile biconcave, qui, par la position qu'elle occupe par rapport à l'objet, imprime aux rayons lumineux émanés de ce dernier des directions telles qu'en sortant de l'oculaire, ils présentent successivement tous les degrés de convergence ou de divergence qui conviennent aux différentes formes d'amétropie. La glissière qui entraîne la lentille porte un index qui affleure une règle graduée en dioptries et destinée à donner directement l'évaluation de l'état de la réfraction.

L'objet lumineux est représenté par un système de lignes parallèles claires sur fond noir, assez étroites, séparées par des interlignes égaux à l'épaisseur des lignes et susceptibles d'être placées dans tous les azimuts.

Pour faire la détermination, les deux yeux sont d'abord maintenus dans le même plan horizontal, à l'aide d'un peti-

---

(1) Maurice Perrin et Mascart. Mémoire sur un nouvel optometre destiné à faire reconnaître et à mesurer tous les vices de la réfraction de l'œil. (Annales d'oculistique, 1869, mai-juin).

(2) Bulletin de l'Académie de Médecine, t. XXXIV, p. 459.

écran pourvu d'une fente et destiné à être placé devant l'œil qui n'observe pas ; l'autre vise à travers l'oculaire. Le pignon est mis en mouvement dans le sens indiqué par l'état supposé de la vision, vers l'oculaire si l'on a affaire à un myope, vers l'objet s'il s'agit d'un hypermétrope, ou successivement dans les deux sens, si l'on ignore l'état de la réfraction.

On cesse de tourner au moment où les lignes sont vues le plus distinctement.

C'est alors que, par des mouvements de rotation du tambour, on détermine exactement le méridien dans lequel l'image est la meilleure. Le tambour portant une graduation en degrés, l'orientation est ainsi déterminée et par cela même la direction de l'astigmatisme. Pour compléter la détermination, on recherche le *punctum remotum* pour les deux méridiens les plus dissemblables par l'état de leur réfraction. La différence entre les deux résultats représente le degré de l'astigmatisme.

Ce procédé n'est autre que la détermination par la différence obtenue entre la réfraction des deux méridiens principaux. Et vraisemblablement ces indications sont empreintes de justesse. Mais nous pouvons faire à cet instrument la même objection qu'à celui de Javal, c'est qu'il peut se produire des variations assez grandes dans l'appréciation du trouble des images, et, par suite, des erreurs sur la détermination des divers méridiens. Que cette erreur se répète sur les deux méridiens, la correction sera imparfaite.

Optomètre de Badal (1)

L'optomètre de Badal, présenté à la *Société de Chirurgie* le 16 février 1876 par M. Giraud-Teulon, doit ses avantages à des aperçus nouveaux que M. Badal a découverts dans les rapports offerts par les variations de la réfraction et de la grandeur des images, lois du mouvement d'un objet se rapprochant ou s'éloignant d'une lentille fixée à une distance constante de l'œil.

Il se compose d'un tube cylindrique, muni à l'une de ses extrémités d'un œilleton et contenant : 1° une lentille biconvexe de 16 dioptries, fixée à une distance de l'œilleton égale à sa propre longueur focale ; 2° du côté opposé à l'œilleton, par rapport à la lentille, une plaque photographique servant d'objet de visée et rendue mobile au moyen d'un pignon et d'une crémaillère ; l'épreuve photographique réduite est graduée de manière à faire connaître l'acuité visuelle du sujet. Sur le tube se trouve une graduation qui indique la distance exacte de l'image de l'épreuve photographique au foyer de la lentille. Grâce au dispositif adopté par Badal, pour un déplacement de l'objectif de 4 millimètres, la distance de l'image de l'échelle varie d'une dioptrie. On détermine d'abord le point le plus éloigné de la vision la plus distincte possible, et on met dans l'œilleton une plaque tournante à fente sténopéique ; puis, par des mouvements de rotation on cherche le méridien dans lequel l'image est la meilleure.

---

(1) Badal. — Nouvel optomètre donnant à la fois et dans une seule opération, la mesure de la réfraction oculaire et celle de l'acuité visuelle. (Annales d'oculistique, janv.-févr., 1876, p. 5).

On connaît ainsi un méridien principal et on en mesure la réfraction en faisant mouvoir, à l'aide d'un pignon, le tube porteur de la plaque photographique jusqu'à ce que les caractères apparaissent absolument nets, tout en restant le plus loin possible ; on n'a qu'à lire, sur la graduation que porte la circonférence du tube, la direction du méridien principal et sur l'échelle destinée à la mesure de la réfraction, le degré de myopie ou d'hypermétropie correspondant. Ceci fait, on recherche le *punctum remotum* du méridien perpendiculaire au précédent ; la différence entre les deux résultats indique le degré de l'astigmatisme. Cet instrument est en général préféré aujourd'hui, à cause de sa simplicité et des bons résultats qu'il donne.

Il présente un inconvénient commun à tous les optomètres et résultant de ce que, lorsque la vision s'effectue dans un tube, on fait généralement intervenir d'une façon inconsciente une partie de l'accommodation, si l'on ne maintient pas les deux yeux ouverts ; il en résulte que le degré d'amétropie trouvé est un peu trop fort.

Mais, en revanche, l'optomètre de Badal présente deux avantages ; l'un, purement théorique, consiste en ce que les divisions en dioptries du tube mobile sont égales entre elles ; l'autre résulte de la constance du diamètre apparent des caractères typographiques, quelle que soit d'ailleurs la distance à laquelle se forme l'image de l'échelle optométrique.

Optomètre Loiseau (1).

En Belgique, l'optomètre actuellement en faveur est celui du docteur Loiseau.

L'instrument se compose d'un tube cylindrique ouvert à l'une de ses extrémités, pour éclairer par transparence une plaque de verre dépoli, ayant une épreuve photographique réduite de l'échelle de de Wecker. Cette plaque est située à l'autre extrémité du tube, qui est munie de deux disques dont l'un présente douze ouvertures, une vide et onze contenant les verres de + 5 à + 15, et l'autre cinq ouvertures, une vide et quatre ayant les verres + 0,50, + 10, + 20 et — 10.

Une tige, terminée par un bouton, s'appuie sur le rebord orbitaire inférieur, pour assurer la position de l'œil à 13 millimètres de l'instrument. Cette tige peut être remplacée par une autre qui porte un œilleton, percé d'une ouverture dans laquelle peut s'engager une plaque tournante à fente sténopéique.

Pour faire une détermination d'astigmatisme, on enlève le tube contenant la plaque photographique et l'on détermine, au moyen de la figure étoilée, la ligne qui reste visible pour le sujet, pendant que les autres s'estompent. La direction du méridien le moins réfringent étant ainsi connue, pour trouver le degré de l'astigmatisme, il suffit de donner à la fente sténopéique la direction trouvée, puis une direction perpendiculaire et de déterminer dans les deux méridiens l'état de la réfraction.

---

(1) Loiseau. Optomètre métrique. (Annales d'oculistique, 1878, p. 5, juillet-août).

Cet optomètre est un des plus commodes et des plus simples ; il peut, comme celui de Badal, donner les deux mesures de l'amétropie et de l'acuité visuelle, mais il nécessite l'emploi de plusieurs verres.

Optomètre Parent (1)

Sur le même principe que celui de Badal, M. Parent a construit un optomètre qui n'en diffère que par quelques légères modifications dans les dispositions de l'objectif et de l'oculaire.

Dans l'intérieur du tube sont deux lentilles biconvexes de + 10^{D} ; l'une immobile servant d'oculaire, l'autre servant d'objectif et placée à 20 centimètres de la première, pouvant être avancée ou reculée de 10 centimètres à l'aide d'une crémaillère. L'objet est constitué par un cadran horaire gradué de 15 en 15 degrés. L'œilleton est pourvu de deux roues portant, l'une des verres sphériques de + 10^{D} à — 10^{D}, l'autre des verres cylindriques allant de — 0,5^{D} à — 6^{D}.

Pour déterminer l'astigmatisme, on opérera comme avec les autres optomètres.

Les avantages de cet instrument sont le relâchement facile de l'accommodation, dû à la projection de l'image à longue distance, et, ensuite, la graduation décimale qui fait correspondre à une dioptrie un déplacement de la lentille mobile égal à un centimètre.

---

(1) Parent. Diagnostic et détermination de l'astigmatisme. (Recueil d'opht. 1881. Mars-avril.)

Disque optométrique Abadie

Cet instrument se compose d'un disque à la circonférence duquel sont adaptés, modifiés convenablement dans leur forme et leurs dimensions, les verres correcteurs d'une boîte d'essai ordinaire. Les verres convexes sont placés circulairement à la périphérie ; les verres concaves concentriquement aux premiers. Ce disque mobile est renfermé entre deux autres plans percés de deux petites fenêtres derrière lesquelles peut tourner une plaque pleine munie d'une fente sténopéique.

Le sujet étant placé à 6 mètres d'une échelle typographique, on met la fente dans la direction du méridien défectueux et on fait défiler successivement les verres correcteurs. Celui qui procure le maximum de l'acuité visuelle indique le verre correcteur de la réfraction du méridien anormal ; on fera de même pour le méridien perpendiculaire ; la différence des deux donnera la valeur de l'astigmatisme.

Astigmomètre Bravais. — Nous terminerons ce chapitre par la description de l'astigmomètre Bravais (1).

Il se compose d'un tube unique muni à l'une de ses extrémités d'un écran percé d'une petite ouverture circulaire et à l'autre extrémité d'une lentille ayant un foyer plus court que la longueur du tube ; dans l'intérieur se trouve une seconde lentille que l'on peut faire pivoter au moyen d'un pignon extérieur. On mesure l'astigmatisme au moyen de l'obliquité de cette lentille.

---

(1) Thèse de M. Weil. Paris, 1873.

Si un astigmate regarde à travers l'oculaire le fond du tube éclairé par une lampe, il n'apercevra pas l'ouverture circulaire parfaitement ronde ; il y aura allongement dans le sens du méridien le plus réfringent; puis on imprimera à la lentille intérieure un mouvement de rotation, alors l'astigmate verra le disque s'élargir et devenir bientôt circulaire ; à ce moment l'obliquité imprimée à la lentille corrige l'inégalité des méridiens de l'œil. On a ainsi tous les éléments de détermination, car des divisions établies indiquent l'orientation de l'astigmatisme. Si l'on a, une fois pour toutes, cherché quelle déviation de la lentille corrige tel ou tel verre cylindrique, on aura une table donnant immédiatement le numéro du verre correcteur.

Ce procédé, bon en théorie, n'a jamais guère été employé dans la pratique.

CHAPITRE IV

DES OPHTALMOMÈTRES

A côté de ces méthodes subjectives dépendant des réponses des malades, il en est une autre qui permet de se passer du concours de ces derniers, et qui est infiniment préférable. Cette méthode supprime les réponses du sujet et, de plus, elle a l'avantage de faire disparaître ce qu'ont d'incomplet les indications des optomètres ; car, en effet, si ces instruments donnent la valeur de l'astigmatisme total, ils nous laissent complètement ignorants de la part qui doit en revenir à la cornée et au cristallin.

Ophtalmomètre de Helmholtz (1). — L'appareil de Helmholtz est destiné à mesurer la grandeur des images réfléchies par la cornée ou par les faces du cristallin ; ce qui permet de calculer ensuite le rayon de courbure de ces surfaces réfringentes.

L'instrument est trop connu aujourd'hui pour que nous insistions sur sa description.

L'ophtalmomètre de Helmholtz est basé sur le dédoublement de l'image d'un objet au moyen de deux lames de verre, planes et à faces parallèles, qui peuvent tourner en sens inverse et d'un même angle autour d'un axe vertical commun. Pour objet,

---

(1) Helmholtz. — Archiv. f. ophtalm., 1854.

Helmholtz prit d'abord une fenêtre éclairée ; Donders et ses élèves employèrent deux petites lampes ; puis Woinow, en 1869, ajouta à cet instrument une règle divisée perpendiculaire à l'axe de la lunette et le long de laquelle pouvaient glisser trois petits miroirs qui permettent d'envoyer sur la cornée les rayons lumineux venus d'une flamme placée en arrière de l'œil observé.

Le dédoublement étant effectué, la grandeur y' de l'image cornéenne est donnée par la formule :

$$d = 2\,e\,Sin.\,\alpha\left(1 - \frac{\sqrt{1 - Sin^2\alpha}}{\sqrt{n^2 - Sin^2\alpha}}\right)$$

dans laquelle e désigne l'épaisseur des lames, n l'indice de réfraction de ces lames et α l'angle dont chaque lame a tourné.

On peut avoir facilement le rayon de courbure r de la cornée dans le méridien observé, en appliquant la formule classique :

$$\frac{y'}{y} = \frac{r}{2\,p + r}$$

y représentant la grandeur de l'objet,
y' représentant la grandeur de l'image,
p représentant la distance de l'objet au miroir cornéen.

Les deux quantités y et p étant mesurées, la première au moyen des divisions de la règle graduée, la seconde directement par les procédés ordinaires, le rayon de courbure r sera donné par la formule

$$r = \frac{y'}{y - y'} \times 2\,p$$

On peut ainsi mesurer les rayons de courbure dans les différents méridiens et avoir la valeur de l'astigmatisme.

Un des avantages les plus importants de l'ophtalmomètre, c'est que la grandeur linéaire de l'écartement apparent des images doubles qu'on y observe est indépendante de leur distance à l'instrument. Un autre avantage résulte de ce fait que de légers mouvements imprimés à la surface réfléchissante, et par suite aux images, ne gênent nullement l'observation, car les deux images se déplacent toujours de la même manière et leur position relative ne change pas.

D'après Helmholtz, le degré de précision de son appareil irait jusqu'au 1/200 de millimètre.

Cet instrument est d'un maniement assez difficile : aussi n'est-il pas et ne pouvait-il pas entrer dans la pratique journalière; mais, entre les mains de personnes exercées, il a rendu de grands services à l'ophtalmologie.

Ophtalmomètre de Coccius (1). — Le but de cet ophtalmomètre est le même que celui de l'ophtalmomètre de Helmholtz.

C'est également le principe du dédoublement des images que Coccius applique à la détermination du rayon de courbure de la surface cornéenne, à l'aide de la grandeur de leurs images réfléchies.

Mais, tandis que, dans l'ophtalmomètre de Helmholtz, l'objet, c'est-à-dire l'intervalle qui sépare les lumières, reste constant, et que c'est la grandeur de l'image qu'on mesure, Coccius adopte pour l'image une grandeur constante et recherche la grandeur correspondante de l'objet, c'est-à-dire l'écartement des lumières.

---

(1) Coccius. — Ophthalmometrie und Spannungsmessung am Kranken Auge. Leipzig, 1872.

La partie principale de cet instrument consiste en un cristal biréfringent.

Suivant Coccius, il donnerait des résultats d'une exactitude suffisante, puisque l'approximation atteindrait 1/25 de millimètre.

Ophtalmomètre de Landolt (1). — L'instrument repose sur le principe suivant : on dédouble l'objet à mesurer en le regardant à travers une combinaison de prismes, que l'auteur a présentée à l'Académie des sciences en février 1876, sous le nom de *Diplomètre*, et qui est constitué par deux prismes égaux accolés par une de leurs sections droites et disposés en sens inverse l'un de l'autre.

Ce diplomètre est mobile sur une tige graduée. On le rapproche de l'objet jusqu'à ce que les doubles images se touchent par leur bord opposé ; dans cette position le diamètre de l'objet est indiqué par le degré de la tige auquel correspond le diplomètre.

Pour mesurer le rayon de courbure on se sert de deux lampes, pendantes aux extrémités d'une barre de 1 mètre de longueur qui tourne autour de son centre et qui est éloignée également d'un mètre de l'œil examiné.

Dans ces conditions, la grandeur de l'image des deux flammes réfléchies par une surface sphérique est juste la moitié du rayon de courbure de cette surface ; de cette façon, on obtient avec la plus grande facilité le rayon de courbure de n'importe quel méridien de la cornée.

---

(1) Landolt. — Ophtalmomètre. (Congrès des sciences médic. Genève, 1877).

Cet ophtalmomètre, moins exact que celui de Helmholtz, peut servir aux mêmes usages, quand une grande précision n'est pas de rigueur et qu'on désire opérer rapidement.

Appareil de Blix. — Signalons encore l'appareil qu'a imaginé M. Blix (1), en 1880, et qui est fondé sur le principe suivant :

Lorsqu'un objet se trouve sur la surface d'un miroir convexe ou au centre de courbure de ce miroir, on sait que l'image fournie coïncide avec l'objet.

Utilisant cette propriété, Blix dispose en avant de l'œil deux microscopes à long foyer de même pouvoir dioptrique et dont les axes font entre eux un petit angle. On fait arriver par l'un des microscopes un faisceau lumineux, et l'on cherche successivement les deux positions à donner à l'ensemble de l'appareil pour que l'observateur puisse recevoir les rayons réfléchis à travers l'autre microscope ; le déplacement nécessaire pour obtenir ce résultat est égal au rayon de courbure de la cornée.

Au Congrès international d'ophtalmologie de 1880, tenu à Milan, M. *Loring* a présenté un instrument destiné à apprécier rapidement le degré de courbure de la cornée, directement par comparaison de deux images.

Cet instrument est un disque sur lequel se trouvent placées de petites surfaces demi-sphériques en verre, taillées d'après les rayons de courbure 6, 7, 7 1/2, 7 3/4, 8. En partant de ce principe que les images sont proportionnelles au rayon de courbure, il suffit de placer le disque à côté de l'œil à exami-

(1) Imbert. — Astigmatisme. Thèse d'agrégation, Paris, p. 59. 1883.

ner et devant un éclairage convenable ; on cherche sur le disque la lentille qui fournit l'image de même dimension que celle fournie par la cornée ; le rayon de courbure de la cornée est alors connu.

D'après M. Loring, le degré d'approximation peut être jugé par ce fait qu'il a obtenu des sphères taillées avec une différence de rayon de 1/10 de millimètre.

Ophtalmomètre pratique de Javal

Le Dr Javal, après s'être bien convaincu des difficultés du maniement de l'ophtalmomètre de Helmholtz, s'est proposé la tâche de le modifier et de le rendre pratique.

Au Congrès ophtalmologique de Milan, en 1880, il a présenté une première modification. La lame inférieure est fixe et la lame supérieure peut être tournée par un levier qui indique en même temps, sur un arc divisé, la force réfringente du méridien mesuré ; en faisant tourner, autour de son axe, l'instrument sur lequel sont placées les flammes de gaz, on trouve de suite les deux méridiens de plus grande et de plus petite courbure. Une lecture dans chaque méridien donnant sa réfraction, on a, par différence, l'astigmatisme cornéen exprimé en dioptries.

Cet instrument présentait un grand progrès quant à la rapidité de la détermination. Malgré ce perfectionnement, l'appareil de Javal n'a jamais été employé couramment dans la pratique, par suite des causes d'erreur provenant des défauts de l'œil de l'observateur et de la nécessité d'un éclairage artificiel.

Ophtalmomètre pratique de MM. Javal et Schiötz (1). — M. Javal, en collaboration avec M. Schiötz, a donné à l'ophtalmomètre une forme essentiellement pratique, qui permet de déterminer en dioptries et sans calculs, la valeur de l'astigmatisme cornéen.

Avec le nouvel ophtalmomètre pratique que MM. Javal et Schiötz ont présenté au Congrès médical international de Londres, le 3 août 1881, on mesure avec une grande rapidité et une précision remarquable le degré d'astigmatisme cornéen. L'instrument est basé sur le principe suivant :

Quand on place verticalement devant son œil un petit carré de carton blanc, percé au centre d'un petit trou muni d'une loupe et qu'on regarde à travers le centre de cette loupe un autre œil qui fixe le centre de la loupe, on voit se peindre dans cet œil l'image du carré.

Cette image réfléchie par la cornée est d'autant plus petite que la cornée observée est plus convexe. Cette expérience suffirait donc pour comparer la courbure de la cornée des différents yeux observés.

Supposons maintenant que l'œil observé soit astigmate, le méridien de moindre courbure étant horizontal, il est clair qu'au lieu d'être carrée, l'image affectera la forme d'un rectangle horizontal, d'autant plus allongé que l'astigmatisme sera plus fort ; la mesure de l'astigmatisme cornéen pourra se déduire du rapport entre la longueur des deux côtés, vertical et horizontal, du rectangle.

Supposons enfin que les méridiens de courbure maxima et minima de l'œil observé ne concordent pas avec la verticale et l'horizontale, le carré, dont les côtés sont verticaux et horizon-

---

(1) Javal et Schiötz. — Un ophtalmomètre pratique. (Annales d'oculistique, 1881, t. II).

taux, se peindra suivant une espèce de parallélogramme à côtés courbes. Pour que son image devienne rectangulaire, il faudra le faire tourner dans son plan jusqu'à ce que ses côtés soient parallèles aux plans des méridiens de courbure maxima et minima.

L'ophtalmomètre de MM. Javal et Schiötz se compose d'une lunette montée sur un trépied que l'on peut faire mouvoir ; cette lunette contient deux objectifs entre lesquels est placé un prisme biréfringent de Wollaston ; elle peut tourner autour de son axe et un disque situé près de l'oculaire permet de lire le degré de cette rotation. La mise au point pour l'œil observé se fait en déplaçant en totalité la lunette avec son pied.

La force du prisme biréfringent est telle qu'il dédouble exactement un objet de 3 millimètres situé à l'endroit (foyer du premier objectif) où doit se placer l'œil du sujet. Au tube de la lunette est fixé un arc de cercle de 35 centimètres de rayon, dont le centre coïncide à peu près avec l'image cornéenne.

Pour objet, MM. Javal et Schiötz ont choisi deux mires blanches à l'une desquelles ils ont eu l'idée ingénieuse de donner la forme d'un escalier, dont chaque marche mesure 6 millimètres. Ces deux mires servent d'objet.

Pour faire une détermination on commence par effectuer la mise au point de l'appareil ; puis on oriente l'arc dans le plan du méridien de courbure maxima de l'œil et on règle les mires de manière à faire coïncider le bord vertical gauche d'une mire avec le bord vertical droit de l'autre ; soit δ la distance qui sépare ces deux bords verticaux ; on aura ainsi un dédoublement exact de la grandeur δ ; cela fait, tournons l'arc gradué de l'appareil de 90° de manière à le placer dans le plan de courbure minima ; le rayon du miroir cornéen étant plus grand dans ce nouvel azimut que dans le premier, l'intervalle δ est devenu plus grand ; par suite cette distance n'est plus qu'imparfaitement dédoublée par le prisme dont l'effet est invariable.

On obtiendra donc une image dans laquelle les bords qui, précédemment, étaient exactement affrontés, empiéteront l'un sur l'autre d'un certain nombre de marches.

Cet empiétement est nettement accusé par un éclairement plus intense qui se détache bien de la teinte grise des autres parties.

Les dimensions du prisme et la grandeur des marches en escalier de l'une des mires sont choisies de telle sorte que la différence des rayons de courbure des deux méridiens examinés est donnée en dioptries par le nombre de marches qui constituent l'empiétement lors de la seconde détermination.

Pour justifier le choix de certaines dimensions adoptées, il est utile de connaître les calculs effectués.

Si l'on appelle r le rayon de courbure de la cornée, f sa distance focale, n son indice de réfraction, on a la relation connue :

$$f = \frac{r}{n - 1}$$

ce qui donne pour le pouvoir dioptrique de la cornée en millimètres :

$$x = \frac{1}{f} . 1000 = \frac{n - 1}{r} . 1000 = \frac{350}{r}$$

donc

$$x = \frac{350}{r} \qquad (1)$$

si l'on adopte pour n le nombre 1,35.

D'autre part, si l est la distance d'un objet au foyer d'un miroir sphérique de rayon r, on a la relation suivante entre la grandeur d'un objet O et de son image I :

$$\frac{O}{I} = \frac{2\,l}{r} \qquad (2)$$

d'où $$r = \frac{2\,l\,I}{O}$$

Donc la formule (1) deviendra, en remplaçant r par cette valeur :

$$x = \frac{350 \times O}{2\,l\,I}$$

Nous avons vu que Javal prend pour l le nombre 350 millim. et pour I, 3 millim. ; on aura donc

$$x = \frac{O}{6} \qquad (3)$$

c'est-à-dire que l'objet mesure 6 millim. par dioptrie ;

Ce qui justifie le nombre 6 millim. pris pour largeur de chaque marche dans la mire en escalier.

Si l'on veut connaître le rayon de courbure de la cornée, il suffit de mesurer la distance des curseurs au moment où les images se touchent ; d'après la formule (3), on divise cette distance par 6 pour avoir la réfraction de la cornée en dioptries et d'après la formule (1), divisant 350 par le nombre ainsi obtenu, on a la valeur de r.

L'ophtalmomètre pratique de MM. Javal et Schiötz donne la valeur de l'astigmatisme cornéen ; aussi, si l'on veut connaître le degré de l'astigmatisme cristallinien, faut-il effectuer un nouvel examen.

On cherche d'abord l'astigmatisme total, puis, par une simple soustraction de l'astigmatisme cornéen, on calcule celui du cristallin.

Pour l'examen de l'astigmatisme total, on est obligé d'abandonner la méthode objective exacte, qui permet de faire l'examen indépendamment des réponses plus ou moins précises du malade.

M. Javal a imaginé, pour compléter son ophtalmomètre, un *nouvel optomètre* dont le maniement est facile et qui, à une grande rapidité, joint encore l'avantage d'une grande exactitude.

Sur deux disques tournants sont rangées les séries des verres concaves et des verres convexes, ainsi que la série des verres cylindriques ; un mécanisme spécial permet de faire passer les verres cylindriques et de placer leurs axes dans la direction indiquée par l'ophtalmomètre ; on fait d'abord passer le verre cylindrique qui corrige l'astigmatisme cornéen ; puis, par la rotation du deuxième disque, on trouve le verre sphérique correcteur de la myopie ou de l'hypermétropie. Il ne reste plus alors qu'à essayer si les verres cylindriques voisins sont préférables au verre cylindrique indiqué par la mesure ophtalmométrique.

C'est ce verre qui mesure l'astigmatisme total, lequel, diminué de l'astigmatisme cornéen, donnera le degré d'astigmatisme cristallinien.

L'appareil de MM. Javal et Schiötz remarquable par la simplicité de son mécanisme, la sûreté de ses indications et la rapidité avec laquelle il conduit au résultat cherché, constitue, à beaucoup près, le meilleur des instruments que l'on puisse employer pour déterminer un astigmatisme cornéen.

Ophtalmomètre pratique de MM. Leroy et Dubois (1). — Au dernier Congrès ophtalmologique de Paris, M. Leroy a

(1) Leroy et Dubois. — Un nouvel ophtalmomètre pratique. (Revue générale d'opht. 29 février 1888.)

présenté en son nom et au nom de M. le professeur Dubois un nouvel ophtalmomètre pratique.

Cet instrument a des points de ressemblance multiples avec les ophtalmomètres de Helmholtz et de Javal-Schiötz. La pièce essentielle, destinée à mesurer l'image, repose sur les propriétés des faces planes et parallèles, comme dans l'ophtalmomètre de Helmholtz. Elle se compose d'un système de deux plaques de verre épaisses placées au devant de l'objectif d'une lunette et mobiles autour d'un axe de rotation commun, de manière qu'en les inclinant l'une sur l'autre, elles dédoublent l'image d'un point en deux images distantes de telle quantité que l'on veut.

La lunette se compose d'un objectif achromatique et d'un oculaire puissant ; à son corps est fixée une règle transversale graduée, portant deux mires dont les images réfléchies par la cornée doivent être regardées à travers la lunette.

Ces mires se composent, l'une d'un rectangle blanc encadré de noir, l'autre d'un rectangle semblable portant 7 traits alternativement blancs et noirs ; quand l'éclairage est insuffisant, on opère en chambre obscure en remplaçant les mires par deux petites lampes à essence. Un disque de Placido a été adjoint à l'appareil pour l'examen des cornées irrégulières.

Mode d'emploi. — La lunette est réglée pour 340 mm. et le constructeur a assuré avec une exactitude suffisante la direction de l'axe de rotation des plaques, qui doit être normale à celle de la règle divisée ; aussi peut-on se servir de l'instrument tel qu'il est livré.

On commence par amener l'axe optique de la lunette à la hauteur de l'œil du sujet, puis on met au point. On reconnaîtra qu'il y a astigmatisme lorsque, ayant fait coïncider les images des lampes, ou bien amené au contact les bords des

rectangles des mires, en faisant tourner la lunette au moyen de la règle, il se produit un éloignement des images médianes. Dans le cas des lampes, l'image moyenne qui était unique se dédoublera à nouveau ; dans le cas des mires, les deux rectangles, au lieu de rester au contact, s'éloigneront et alors un intervalle noir apparaîtra, ou bien se rapprocheront et empiéteront l'un sur l'autre, ce qu'on reconnaîtra à ce fait que l'intensité des traits blancs devient double.

Puis il faudra rechercher les méridiens principaux. Il suffit d'en trouver un, car on sait qu'ils sont sensiblement inclinés à 90 degrés l'un par rapport à l'autre.

On se basera sur l'un des deux caractères suivants :

1° Les méridiens principaux sont ceux pour lesquels l'écartement des mires ou des lampes qui correspond au contact apparent des images moyennes est maximum ou minimum ;

2° Dans les méridiens intermédiaires, on constate que les images subissent des déplacements dans le sens perpendiculaire à la règle (dénivellation). Or, ainsi que M. Leroy l'a démontré (1), les méridiens principaux sont ceux pour lesquels cette dénivellation est nulle ou minima.

Ce dernier caractère est d'une constatation plus prompte et plus aisée que le premier.

Quand on se sert des lampes, il faut, quand on passe d'un méridien à l'autre, déplacer l'une des lampes pour réaliser à nouveau la superposition des images moyennes ; il faut faire la lecture correspondante sur la règle.

---

(1) A. Leroy. — De la Kératoscopie ou de la forme de la surface cornéenne déduite des images apparentes réfléchies par elle. (Archives d'opht., 1884, p. 140-154).

La différence des deux méridiens donne l'astigmatisme cherché.

Quand on opère avec les mires, l'opération est simplifiée ; si, en effet, on choisit comme premier méridien celui pour lequel le contact est réalisé pour la distance minima des mires sur la règle, en faisant tourner la lunette de 90°, on verra l'image du rectangle blanc empiéter sur celle du rectangle gradué d'un nombre de traits égal au degré de l'astigmatisme.

On apprécie le 1/4 de l'épaisseur d'un trait, c'est-à-dire le 1/4 de dioptrie.

Théorie et graduation. — L'optique géométrique permet de calculer la courbure d'un miroir quand on connaît la grandeur *o* et *i* d'un objet et de son image, et la distance *d* qui sépare l'objet de son image. Si deux de ces quantités *d* et *i* sont connues et constantes, on n'aura qu'à mesurer la troisième *o* pour pouvoir calculer le rayon *r*.

La *constante d* est déterminée une fois pour toutes par le réglage de la lunette.

Pour déterminer la *constante i*, M. Leroy a utilisé la propriété connue des lames de verre épaisses à faces planes et parallèles, qui consiste dans le déplacement qu'on imprime à l'image d'un objet quand on le regarde à travers une telle plaque inclinée sur la direction du rayon visuel. Par un raisonnement simple, M. Leroy énonce la proposition suivante :

« Quand les plaques sont réglées de manière à produire un dédoublement 2 *i*, au moment où des quatre images visibles des deux lampes les deux moyennes se confondent en une seule, les images des deux lampes, telles qu'on les verrait si le dédoublement était nul, sont distantes de 2 *i*. »

Si donc, à ce moment, on mesure la distance 2 *o* qui sépare les flammes des lampes, on aura toutes les données nécessaires pour calculer le rayon de la cornée sur laquelle on vient d'opérer.

Relations existant entre o, i et r.

Soit O A l'axe optique de la lunette (*fig.* 5) ; O, le centre de la cornée sphérique, A P la règle normale à O A et P la flamme de la lampe. Son image sera en P′ sur O P. La droite P′B parallèle à O A, se trouvant avoir traversé la plaque, en coïncidence avec OA, est distante de O A de la quantité i.

Soit M le point ou P′B coupe la sphère réfléchissante ; menons la normale OM ; elle divise l'angle $\widetilde{PMB}$ que fait le rayon incident PM avec le rayon réfléchi MB en deux parties égales à ω, angle que fait OM avec OA.

Le triangle rectangle PMB donne

$$o - i = \text{MB } tg.\ 2\,\omega$$

relation dans laquelle o désigne la longueur AP et i la longueur BA, qui est égale à MM′ et à P′A′.

Désignons par d la distance P′B de l'image à la règle ; les triangles semblables PP′B et POA donnent :

$$\frac{\text{OA}}{d} = \frac{o}{o - i}$$

donc $$\text{OA} = d \times \frac{o}{o - i}$$

or $$\text{OA} = \text{OM}' + \text{M}'\text{A} = r\ cos.\ \omega + \text{MB}$$

donc $$d \times \frac{o}{o - i} - r\ cos.\ \omega = \text{MB}$$

d'où $$o - i = \left(d \frac{o}{o - i} - r\ cos.\ \omega \right) tg.\ 2\,\omega$$

D'autre part, le triangle rectangle MOM′ donne

$$i = r \sin. \omega \qquad (1)$$

En remplaçant i par cette valeur dans l'équation précédente on aura

$$o - r \sin. \omega = tg. 2\omega \left(d \frac{o}{o - r \sin. \omega} - r \cos. \omega \right)$$

Cette équation peut se mettre sous la forme

$$o = d\, tg. 2\omega \; \frac{1 - \dfrac{i\ tg. \omega}{d}}{1 - \dfrac{i^2}{o^2 \cos. 2\omega}}$$

En négligeant $\dfrac{i^2}{o^2 \cos. 2\omega}$ et $\dfrac{i\ tg\ \omega}{d}$, il vient finalement

$$o = d\ tg\ 2\ \omega \qquad (2)$$

Les deux équations (1) et (2) permettront de calculer soit r, soit o, soit d en fonction des deux autres de ces trois quantités.

M. Leroy fait remarquer que la formule élémentaire $r = \dfrac{2\,i\,d}{o}$ dont on se contente ordinairement eût entaché sa graduation d'une erreur de 1 D 26 sur une cornée de 43,84 dioptries et que les rayons de courbure calculés par la formule élémentaire, en se servant de l'instrument de Helmholtz, ne sont pas exacts.

Astigmomètre de de Wecker et Masselon. — A la suite des ophtalmomètres, et pour terminer cette étude, nous décrirons

un astigmomètre présenté à l'Académie de médecine par M. Gavarret, au nom de MM. de Wecker et Masselon (1).

Cet appareil se compose d'un carré de carton noirci dont les bords présentent un liseré blanc d'un centimètre et demi. Il est percé, à son centre, d'un trou circulaire muni d'une loupe. Ce carré peut exécuter sur son manche un mouvement de rotation que mesure un cadran placé derrière l'instrument.

Cet appareil, tenu à une distance de $0^m,20$ de l'œil observé, dont le regard est dirigé directement sur l'ouverture centrale, donnera lieu à une image réfléchie de la cornée, qui aura la forme d'un carré, si la cornée présente une courbure régulière.

Dans le cas d'astigmatisme régulier, au contraire, elle donnera lieu à un parallélogramme, à condition que l'on fasse tourner le cadre indicateur de façon telle que ses bords soient parallèles aux méridiens principaux, et leur direction nous sera alors connue par l'angle parcouru sur un cercle gradué placé derrière l'appareil.

Le degré de l'astigmatisme sera indiqué par le degré d'aplatissement de l'image, comparée à un tableau type annexé à l'appareil.

Dans le cas d'astigmatisme irrégulier, on pourra, à l'aide de cet instrument, déterminer un méridien dans lequel l'image, sans avoir tout à fait la forme d'un parallélogramme, s'en rapprochera cependant le plus.

Cette méthode objective peut rendre des services dans les conseils de révision, à cause de la simplicité de son emploi.

---

(1) De Wecker et Masselon. — Un nouvel Astigmomètre. (Ann. d'ocul., 1882.)

FIN

LISTE DES PRÉPARATIONS

Sucrate de chaux.
Chloroforme pur.
Éther acétique.
Soude à l'alcool.
Chlorure d'arsenic.
Extrait de gentiane.
Chlorure de manganèse.
Sulfate double de magnésie et de zinc.
Hypochlorite de soude.

Vu et permis d'imprimer :
Montpellier, le 22 janv. 1889.
Le Recteur de l'Aoadémie,
Correspondant de l'Institut :
G. CHANCEL.

Vu bon a imprimer:
Montpellier, le 22 janv. 1889.
Le Directeur :
DIACON.

PLANCHE 1

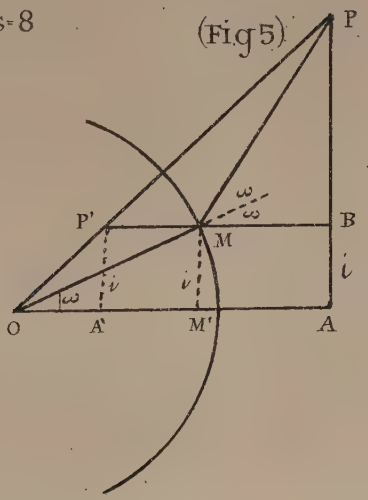
(Fig 1)

O.D. As-1 O.G. As-8

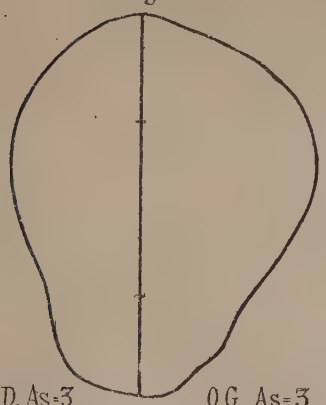
(Fig 2)

O.D. As-1 O.G. As-0,75

(Fig5)

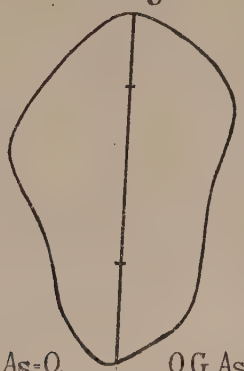


(Fig.3)



O.D. As-3 O.G. As-3

(Fig 4)



O.D. As-0. O.G As-0,25

BIBLIOGRAPHIE DE L'ASTIGMATISME

DEPUIS 1883 (1)

1883

JAVAL. — Troisième contribution à l'ophtalmométrie.
Annales d'oculistique, janvier-février.

BADAL. — Verres périscopiques et cônes de Steinheil.
Annales d'oculistique, janvier-février.

NORDENSON. — Recherches ophtalmométriques sur l'astigmatisme de la cornée chez des écoliers de 7 à 20 ans.
Annales d'oculistique, mars-avril.

MARTIN. — Astigmatisme cornéen et kératite grave.
Annales d'oculistique, juillet-août.

JAVAL. — Quatrième contribution à l'ophtalmométrie.
Annales d'oculistique, septembre-octobre.

DE WECKER et MASSELON. — La kératoscopie clinique.
Annales d'oculistique, novembre-décembre.

MARTIN. — De la kératite astigmatique.
Annales d'oculistique, novembre-décembre.

IMBERT. — De l'astigmatisme.
Thèse d'agrégation, Paris.

(1) Voir Thèse d'agrégation, Imbert. Paris, 1882, pour la bibliographie antérieure à 1883.

Ayres. — Notes sur les lignes focales dans l'astigmatisme.
New-York medical journal, XXXIV, p. 476.

Girard. — Astigmatisme composé de l'œil droit.
Rev. trim. d'opht. prat., janvier.

Uhthoff. — Ophtalmoscope à réfraction pour la détermination de l'astigmatisme.
Ber. üb. d. XIV. vers. d'opht. ges., p. 167.

Zehender. — Astigmométrie.
Soc. opht. de Heidelberg, session 1883.

Privat. — Considérations sur l'astigmatisme.
Thèse de Montpellier.

Fulton. — Astigmatisme a report of cases.
Northwest Lancet, Saint-Paul, II, 3.

Reich. — Sur le kératoscope.
Compt.-rend. Soc. méd. du Caucase, 3 janv.

de Wecker et Masselon. — Modification apportée à l'astigmomètre.
Annales d'oculistique, mars-avril.

Burnett. — Correction de l'astigmatisme par les verres cylindriques.
Arch. of opht. New-York, XII, I, 1.

Mathiessen. — Sur la forme d'un pinceau astigmate infiniment mince.
Græfs Arch. of opht. XXIX, I, 147.

Morosini. — Détermination de l'astigmatisme.
Sassari, 1883.

Landesberg. — Ueber das auftreten von regelmössigen astigmatismus bei Gewissen Refractions und accommodations anomalie.
Centralb. f. prat. augenh., déc.

Masson. — Etude sur l'astigmatisme cornéen chez les opérés de la cataracte.
Thèse de Lyon.

Burnett (Swan). — Note sur l'astigmatisme cornéen.
Arch. of opht. vol. XII, nº 1.

Burchardt. — Un nouveau procédé pour déterminer la réfraction de l'œil à l'image droite.
Centralbl. f. p. augenh., décembre 1883.

1884

MARTIN. — Deuxième contribution à l'étude de la kératite astigmatique.
Annales d'oculistique, janvier-février.

— Troisième contribution à l'étude de la kératite astigmatique.
Annales d'oculistique, mai-juin.

— Quatrième contribution à l'étude de la kératite astigmatique.
Annales d'oculistique, juillet-août.

LEROY. — De la kératoscopie.
Arch. d'opht., p. 140-154.

MARTIN. — De l'inflammation de l'œil et de ses annexes, occasionnée par l'astigmatisme.
Congrès de Copenhague, 1884.

VACHER. — Sur l'astigmatisme considéré comme une des causes de la cataracte.
Gaz. hebd. de méd. et de chir., n° 28.

GIRARD — La kératite astigmatique.
Rev. d'oph. prat., avril.

PROUFF. — Antagonisme entre la myopie progressive et les forts degrés d'astigmatisme conformes à la règle.
Rev. clin. d'oc. du S.-O., IV, n° 6, p. 100.

BURNETT (Swan). — Caracter of the focal lines in astigmatism.
Arch. of opht. New-York, XII, n°s 3 et 4, p. 310.

PARENT. — Description d'un ophtalmoscope à verres cylindriques.
Annales d'oculistique, XC, p. 130.

PROUFF. — Sur la kératite prétendue astigmatique.
Rev. clin. d'ocul., n° 2, p. 25.

HUBERT ET ROUFF. — Nouveau kératoscope.
Revue clinique d'oculistique, n° 3, p. 110, mai.

BONO. — De l'astigmatisme consécutif à l'opération de la cataracte par extraction.
Giorn. della R. Acad. di Torino, mars.

MARTIN. — Blépharospasme astigmatique.
Annales d'oculistique, p. 231, mai-juin.

LANDESBERG. — Production d'astigmatisme régulier dans certaines anomalies de la réfraction et de l'accommodation.
Centralb. f. prat. aug., décembre.

ANGELUCCI. — Sur la réfraction et la correction des cornées coniques et ectasiques.
Annali di ottalmologia, t. XIII.

HAY. — Amélioration de la vision par les verres hyperboliques de Raehlmann.
New-York medical journal, 2 août 1884.

RISLEY. — Un cas d'astigmatisme hypermétropique.
New-York medical journal, 2 août.

PARINAUD. — Nouveau modèle d'astigmomètre.
Bull. de la Soc. franç. d'opht., p. 191.

1885

MARTIN. — Etudes d'ophtalmométrie clinique.
Annales d'oculistique, t. XCIII, mai-juin.

IMBERT. — Nouveau procédé de vérification des verres cylindriques.
Annales d'oculistique, t. XCIII, p. 243.

LEROY. — Des diverses manières de représenter le pinceau astigmate. Le théorème de Sturm et les considérations de Mathiessen.
Rev. gén. d'opht., avril, p. 145.

GAZEPY. — Optomètre et astigmomètre binoculaire.
Rev. d'opht., p. 138-142.

LAQUEUR. — De la courbure cornéenne à l'état normal et dans les circonstances pathologiques.
Arch. für opht., t. XXX, fasc. 1.

MATHIESSEN. — Les lignes focales d'un faisceau lumineux astigmatique et infiniment mince.
Arch. für opht., t. XXX, fasc. 2.

THEOBALD. — Astigmatisme progressif.
New-York medical journal, 25 juillet.

BENNETT (W. S.). — La lentille de Stokes pour la détermination de l'astigmatisme.
Tr. of the amer. opht. Soc.

THEOBALD (Samuel). — Observation de trois cas d'astigmatisme progressif.
Tr. of the amer. opht. Soc.

MATHIESSEN. — De la mesure de l'astigmatisme de l'œil dans la vision indirecte.
Arch. f. opht. B. XXX, abth. I.

PROUFF. — Sclérotoscopie ; application à l'étude de l'astigmatisme congénital et acquis.
Soc. franç. d'opht. Séance du 26 janvier.

VACHER. — L'astigmatisme considéré comme une des causes de la cataracte.
Soc. franç. d'opht. Séance du 26 janvier.

PROUFF. — Kératoscope pour études sur la sclérotoscopie.
Séance du 29 janvier.

ARMAIGNAC. — Astigmomètre.
Séance du 29 janvier.

PARENT. — Ophtalmoscope à verres cylindriques.
Séance du 29 janvier.

FERGUSSON. — Sur un cas remarquable d'astigmatisme.
New-Orléans medical surg., journal XI, p. 860.

FERRET. — Quatre cas d'astigmatisme myopique.
Bull. clin. nat. des Quinze-Vingts, III, n° 1.

THEOBALD. — Trois cas d'astigmatisme progressif d'origine traumatique.
Med. News-Amer. opht. Soc., 15-16 juillet.

BURNETT. — Action des verres cylindriques dans la correction de l'astigmatisme régulier.
Amer. journ. of opht., déc. n° 12, p. 275.

1886

PRIESTLEY et SMITH. — Astigmatisme passager dû à la paralysie des muscles de l'œil.
Ophtalmic Rewiew, p. 354.

KNAPP. — On the designation of the meridians in the determination of glasses and of the visual field.
Arch. of ophtal., XV, n° 2.

MARTIN. — Des variations dans le degré et le sens de l'astigmatisme cornéen chez les glaucomateux.
Soc. franç. d'opht., 4e congrès annuel.

LEROY. — Sur l'ophtalmomètre de précision.
Soc. franç. d'opht.

CHIBRET. — Lois des déformations astigmatiques de la cornée, consécutives à l'opération de la cataracte.
Soc. franç. d'opht.

PFALZ. — Recherches ophtalmométriques sur l'astigmatisme cornéen.
Arch. für opht. t. XXXI.

CORNWALL. — Why astigmatism of low degree should be fitted with different lenses for the near point and for distant vision.
Amer. journ. of opht. II, n° 10.

MARTIN. — Etudes sur les contractions astigmatiques du muscle ciliaire.
Annales d'oculistique, mai-juin.

CHAUVEL. — De la constatation objective de l'astigmatisme par les images cornéennes, au conseil de révision.
Arch. de méd. et de pharm. milit., 16 mai.

LOISEAU. — Rapport au sujet de l'article de Martin : « De l'astigmatisme associé. »
Bull. de l'Acad. royale de méd. de Belgique.

MARTIN. — Contractions correctrices de l'astigmatisme cornéen.
Annales d'oculistique, p. 81.

MARTIN. — Troisième mémoire sur les contractions correctrices de l'astigmatisme cornéen.
Annales d'oculistique, p. 217.

LEMAIRE. — Nouvel optomètre astigmomètre.
Rec. d'opht., octobre.

CUIGNET. — Kératoscopie, rétinoscopie.
Rec. d'opht., décembre.

CHIBRET. — Skiascopie ; ses avantages, sa place en ophtalmologie.
Arch. d'opht., mars-avril.

KELCH. — La cause de l'astigmatisme régulier.
The med. Rec., 17 juillet.

WALCK. — Diagnostic de l'astigmatisme à l'ophtalmoscope.
The med. Rec., 12 juin.

CHIBRET. — Détermination de l'astigmatisme.
Arch. d'opht., mars-avril, p. 146.

MOTAIS. — Nouveau pince-nez pour l'astigmatisme.
Rec. d'opht., n° 7, p. 437.

CULBERTSON. — On the application of cylindrical glasses in myopic astigmastism.
Am. journ. of opht. II, n° 10.

— Some thoughts on astigmastism of curvature.
Am. journ. of opht. III, n° 5.

IMBERT. — Calcul de l'effet prismatique des verres décentrés.
Annales d'oculistique, XCV, p. 146.

BURNETT. — Traité théorique et pratique de l'astigmatisme.
Chambers. — Washington.

SCHIOTZ. — A case of astigmatism of the lens after iridectomy.
Arch. of opht. XV, n° 2.

1887

MARTIN. — Etudes sur les contractions astigmatiques du muscle ciliaire.
Annales d'oculistique, janvier-février.
Idem, mars-avril.

JAVAL. — De l'astigmatisme.
Congrès d'opht., Paris 1887.

MARTIN. — Contractions astigmatiques.
Congrès d'opht., Paris.

BOUCHERON. — Sur la notation horaire de l'astigmatisme.
Congrès d'opht., Paris.

TSCHERNING. — Nouvel ophtalmomètre de Javal modifié et simplifié.
Congrès d'opht., Paris.

CUIGNET. — Des images kératoscopiques.
Congrès d'opht., Paris.

PARENT. — Notation de l'astigmatisme.
Rapport de Commission lu au Congrès d'opht., Paris.

LANDOLT. — Notation de l'astigmatisme.
Rapport lu au Congrès.

MARTIN. — Des contractions astigmatiques du muscle ciliaire (suite).
Annales d'oculistique, p. 277.

ARMAIGNAC. — Notation uniforme de l'astigmatisme et des verres cylindriques.
Annales d'oculistique, p. 294.

IMBERT. — De l'une des causes des amétropies stationnaires.
Annales d'oculistique, p. 35.

BULL (de New-York). — Nouvel optomètre.
Soc. opht. de Heidelberg, 14 septembre.

BURNETT. — Traité de l'astigmatisme.
Ouvrage paru à Saint-Louis (États-Unis)

CUIGNET. — Kératoscopie. Rétinoscopie.
Rec. d'Opht.

CHIBRET. — La notation de l'astigmatisme.
Arch. d'Opht., p. 421.

BETTREMIEUX. — Notes cliniques sur l'astigmatisme.
Arch. d'Opht., p. 513.

VAN DEN BERGH. — De l'astigmatisme.
La Clinique, 21 février.

GRAND-CLÉMENT. — De la kératoscopie.
Lyon méd., 17 juillet.

COLMAN. — The use of a plus cylinder in simple myopic astigmatism of low degree.
Journ. of the Amer. ass., 28 mai.

BŒHM. — Die diagnose der astigmatismus durch die quantitative Farbensinn prüfung.
Klin. monat. fur augenh., novembre.

REYMOND. — Changement de direction du méridien astigmate à la suite de l'accommodation.
Soc. Ital. d'Opht. Turin. Septembre.

SAVAGE. — The function of the oblique muscles in certains cases of astigmatism.
Journ. O. t. americ. Assoc., 5 novembre.

DONDERS. — Die anomalien der Refraction und accommodation des Auges.
Vienne, 1887.

ZIEMINSKY. — De la détermination du degré de l'amétropie par la rétinoskiascopie.
Bull. et Mém. de la Soc. Franç. d'Ophtalm.

LEROY. — Le phénomène de l'ombre pupillaire ; théorie et application à la mesure des amétropies.
Rev. générale d'ophtalm. VI, nº 7.
Idem, VI, nº 8.

1888

REYMOND ET BAIARDI. — Sur la vision dans l'astigmatisme.
Giornale della R. Acad. di med. di Torino, Mai.

GRAND-CLÉMENT. — Encore un mot sur la kératoscopie.
Lyon médical, 29 janvier.

LEROY. — Méthode pour déterminer, par l'ophtalmomètre, l'astigmatisme cornéen.
Revue générale d'ophtalmologie, nº 4. Avril.

BETTREMIEUX. — Notes cliniques sur l'astigmatisme.
Archives d'ophtalmolog., p. 6.

LEROY ET DUBOIS. — Un nouvel ophtalmomètre pratique.
Revue générale d'ophtalm., no 2. Février.
Annales d'oculistique. Mars-Avril, no 123.

CHIBRET. — Notation de l'astigmatisme.
Revue d'ophtalm., t. VII, no 5.

GEORGES MARTIN. — Migraine et astigmatisme.
Annales d'oculistique. Janvier-février 1888, p. 24.
Annales d'oculistique. Mars-Avril, p. 106.

TSCHERNING. — Nouvel ophtalmomètre.
Congrès d'ophtalmologie de Paris. Mai 1888.

PANAS. — Disques optométriques pour déterminer la réfraction au moyen de la kératoscopie de Cuignet.
Cong. d'ophtalm. de Paris.

PARENT. — Nouvel appareil pour déterminer l'astigmatisme.
Congrès d'ophtalmol. de Paris.

CHAUVEL. — Rapports de la myopie avec l'astigmatisme.
Archives d'ophtalmol.

1889

IMBERT. — Les anomalies de la vision.
Librairie Baillière, Paris.

MONTPELLIER. — IMPRIMERIE G. FIRMIN, 3, PLACE DE LA MAIRIE